

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y  
DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE  
FRACTURADOS (PEAD)**

**SUSAN GERIANE CÉPEDES CALDERÓN. ID:232971**

**DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ. ID:211244**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

**BUCARAMANGA**

**2020**

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y  
DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE  
FRACTURADOS (PEAD)**

**SUSAN GERIANE CÉPEDES CALDERÓN. ID:232971**

**DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ. ID:211244**

**Proyecto de grado para optar por el título de**

**INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR**

**ING. JULIÁN ANDRÉ GALVIS FLOREZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

**BUCARAMANGA**

**2020**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a cada una de las personas que intervinieron en este proceso, desde los principales colaboradores como lo son nuestros padres, hermanos, nuestros amigos, conocidos y docentes, que con cada aporte dado lograron formarnos para este resultado. Es importante resaltar el agradecimiento que sentimos al ser superior que nos permite llegar a este nuevo peldaño en nuestras vidas.

SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERÓN

Primeramente, agradecerle a Dios por la oportunidad permitida de lograr este objetivo, a mis padres por el apoyo incondicional durante todo este tiempo, hermanos, docentes y amigos que me acompañaron en este viaje estudiantil.

DANIEL JOSÉ REYES RODRIGEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos las gracias a cada uno de nuestros docentes que fueron influencia constante en nuestro desarrollo y aprendizaje, a nuestro director de proyecto Julián Andrés Galvis quién fue un apoyo constante, en quien se encontró un respaldo, quien nos brindó su confianza y conocimiento.

A todas las personas que han participado directa o indirectamente en este proyecto, a todos nuestros compañeros que nos colaboraron en la evolución, pero principalmente a nuestros padres que con su esfuerzo nos dieron el voto de confianza para emprender este camino y nos motivaron constantemente para finalizar este proceso.

SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERÓN

DANIEL JOSÉ REYES RODRIGEZ

## TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS .....	v
LISTADO DE ILUSTRACIONES .....	vii
RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO .....	1
GENERAL SUMMARY OF GRADE WORK .....	2
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. ALCANCE.....	5
5. MARCO TEORICO.....	6
5.1. EL SUELO .....	6
5.1.1. TIPOS DE SUELOS .....	6
5.1.2. MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS .....	7
5.2. PRODUCCIÓN AVICOLA .....	8
5.3. POLIETIELO DE ALTA DENSIDAD.....	9
6. METODOLOGÍA Y RESULTADOS.....	13
6.1. RECOPIACION DE BIBLIOGRAFIA.....	13
6.2. BÚSQUEDA DEL MATERIAL .....	13
6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	14
6.3.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN .....	15
6.3.2. PROCTOR MODIFICADO.....	22
6.3.4. CORTE DIRECTO CONSOLIDADO - DRENADO.....	24
6.3.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE .....	28
7. ANALISIS DE RESULTADOS .....	33
7.1.1. ENSAYO DE CORTE DIRECTO .....	33
7.1.2. ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.....	37

8.	CONCLUSIONES .....	38
9.	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	41
11.	ANEXOS .....	43
11.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	43
11.2.	GRANULOMETRIA .....	44
11.3.	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG .....	46
11.4.	ENSAYO DE COMPACTACIÓN .....	48
11.5.	ENSAYO DE CONSOLIDACION.....	55
11.6.	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD).....	67
11.7.	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE.....	100

## LISTADO DE TABLAS

TABLA 1	NOMBRE TÍPICO DE LOS MATERIALES	7
TABLA 2	RECINAS PLÁSTICAS MÁS COMUNES Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES	11
TABLA 3	APLICACIONES DE LAS RECINAS MÁS UTILIZADAS	12
TABLA 4	RESULTADOS PORCENTAJE DE HUMEDAD	16
TABLA 5	SERIE DE TAMICES O MALLAS	17
TABLA 6	TAMAÑO DE GRANOS	17
TABLA 7	RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	18
TABLA 8	RESULTADO LÍMITE LÍQUIDO	19
TABLA 9	RESULTADOS LIMITE PLASTICO	22
TABLA 10	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22
TABLA 11	MÉTODOS PARA REALIZAR ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN	23
TABLA 12	RESULTADOS PROCTOR MODIFICADO	24
TABLA 13	MUESTRA DE CORTE AL 0%, 5%, 10% 15%	25
TABLA 14	% DE DEFORMACIONES ENSAYO DEL 0 %	29
TABLA 15	% DE DEFORMACIONES ENSAYO CON ADICION DE MATERIAL DEL 5 %	30
TABLA 16	% DE DEFORMACIONES ENSAYO CON ADICION DEL MATERIAL DEL 10 %	31
TABLA 17	% DE DEFORMACIONES ENSAYO CON DE ADICION DE MATERIAL DEL 15 %	32
TABLA 18	PORCENTAJE DE HUMEDAD	43
TABLA 19	GRANULOMETRÍA	44
TABLA 20	LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO	46
TABLA 21	RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPACTACIÓN	48
TABLA 22	ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 0.5 KG CARGA	55
TABLA 23	ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 1 KG CARGA	56
TABLA 24	ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 2 KG CARGA	57
TABLA 25	ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 0.5 KG CARGA	58
TABLA 26	ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 1 KG CARGA	59
TABLA 27	ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 2 KG CARGA	60
TABLA 28	ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 0.5 KG CARGA	61
TABLA 29	ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 1 KG CARGA	62
TABLA 30	ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 2 KG CARGA	63
TABLA 31	ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 0.5 KG CARGA	64
TABLA 32	ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 1 KG CARGA	65
TABLA 33	ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 2 KG CARGA	66
TABLA 34	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0%-0.5KG	67
TABLA 35	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0% - 1KG	68
TABLA 36	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0% - 2KG	69
TABLA 37	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 0.5KG	70

TABLA 38	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 1 KG	71
TABLA 39	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 2 KG	72
TABLA 40	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -0.5 KG	73
TABLA 41	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -1 KG	75
TABLA 42	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -2 KG	77
TABLA 43	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -0.5 KG	79
TABLA 44	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -1 KG	82
TABLA 45	ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -2 KG	84
TABLA 46	RESULTADO COMPRESIÓN SIMPLE MUESTRA DE SUELO 1 DEL 0 %	100
TABLA 47	ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % - MUESTRA 1	101
TABLA 48	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 0 %	103
TABLA 49	ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % MUESTRA 2	104
TABLA 50	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 0 %	106
TABLA 51	ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % MUESTRA 3	107
TABLA 52	PROMEDIO ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 0 %	110
TABLA 53	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 5 %	112
TABLA 54	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 1	113
TABLA 55	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 5 %	115
TABLA 56	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 2	116
TABLA 57	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 5 %	118
TABLA 58	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 3	119
TABLA 59	PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 %	122
TABLA 60	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 10 %	124
TABLA 61	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 1	125
TABLA 62	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 10 %	127
TABLA 63	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 2	128
TABLA 64	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 10 %	130
TABLA 65	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 3	131
TABLA 66	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 10 %	134
TABLA 67	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 15 %	136
TABLA 68	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 1	137
TABLA 69	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 15 %	139
TABLA 70	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 2	140
TABLA 71	RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 15 %	142
TABLA 72	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 3	143
TABLA 73	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 15 %	146

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ETILENO .....	10
ILUSTRACIÓN 2 HUACAL DE TRANSPORTE DE POLLO EN PIE .....	11
ILUSTRACIÓN 3 LUGAR DONDE SE RECOGE LA MUESTRA.....	14
ILUSTRACIÓN 4 LUGAR DONDE SE OBTIENE EL SUELO DEL PROYECTO .....	14
ILUSTRACIÓN 5 MALLAS PARA TAMICES.....	16
ILUSTRACIÓN 6 LAVADO DE FINOS .....	18
ILUSTRACIÓN 7 MUESTRAS FINALES DE PLASTICIDAD .....	20
ILUSTRACIÓN 8 EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO.....	21
ILUSTRACIÓN 9 CARTA DE PLASTICIDAD .....	21
ILUSTRACIÓN 10 MAQUINA DE CORTE DIRECTO .....	25
ILUSTRACIÓN 11 TAMIZADO DEL MATERIAL PEAD.....	26
ILUSTRACIÓN 12 FRAGMENTOS DE PEAD .....	27
ILUSTRACIÓN 13 FORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES .....	27
ILUSTRACIÓN 14 VISTA DEL ESPECIMEN TERMINADO .....	28
ILUSTRACION 15 ESPECIMEN DESPUES DEL CORTE.....	28
ILUSTRACIÓN 16 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 0 % .....	29
ILUSTRACIÓN 17 ENSAYO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 % .....	30
ILUSTRACIÓN 18 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % .....	31
ILUSTRACIÓN 19 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 15%.....	32
ILUSTRACIÓN 20 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 15%.....	32
ILUSTRACIÓN 21 GRAFICA DE CORTE DEFORMACIÓN HORIZONTAL VS ESFUERZO .....	33
ILUSTRACIÓN 22 GRAFICA CORTE DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO MAXIMO .....	34
ILUSTRACIÓN 23 GRAFICA DE PROMEDIO DE ENVOLVENTE DE FALLA .....	35
ILUSTRACIÓN 24 GRAFICA DE % DE MATERIAL VS ANGULO DE FRICCIÓN .....	36
ILUSTRACIÓN 25 GRAFICA DE % DE MATERIAL VS COHESIÓN.....	36
ILUSTRACIÓN 26 GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DE LOS CUATRO PORCENTAJES	37
ILUSTRACIÓN 27 GRAFICA CURVA DE GRANULOMETRIA .....	45
ILUSTRACIÓN 28 GRAFICA CONTENIDO DE HUMEDAD VS NUMERO DE GOLPES .....	47
ILUSTRACIÓN 29 GRAFICA DE LA RELACIÓN HUMEDAD Y DENSIDAD SECA .....	49
ILUSTRACIÓN 30 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION AL 0% .....	96
ILUSTRACIÓN 31 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION AL 5% .....	97
ILUSTRACIÓN 32 GRAFICA ESFUERZO DEFORMACIÓN AL 10 % .....	98
ILUSTRACIÓN 33 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION 15%.....	99
ILUSTRACIÓN 34 ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 1 .....	102
ILUSTRACIÓN 35 ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 2 .....	105

ILUSTRACIÓN 36	ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 3 .....	108
ILUSTRACIÓN 37	ENSAYO DEL 0 % .....	109
ILUSTRACIÓN 38	PROMEDIO ENSAYO DEL 0 % .....	111
ILUSTRACIÓN 39	GRAFICA ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 % MUESTRA 1 .....	114
ILUSTRACIÓN 40	GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE ENSAYO DEL 5 % MUESTRA 2 .....	117
ILUSTRACIÓN 41	GRAFICA COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 3 .....	120
ILUSTRACIÓN 42	GRAFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % .....	121
ILUSTRACIÓN 43	GRAFICA DE PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 % .....	123
ILUSTRACIÓN 44	GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 1 .....	126
ILUSTRACIÓN 45	GRAFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 2 .....	129
ILUSTRACIÓN 46	GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 3 .....	132
ILUSTRACIÓN 47	GRAFICO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % .....	133
ILUSTRACIÓN 48	GRAFICA DE PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % .....	135
ILUSTRACIÓN 49	GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 1 .....	138
ILUSTRACIÓN 50	GRAFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 2 .....	141
ILUSTRACIÓN 51	GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 3 .....	144
ILUSTRACIÓN 52	GRAFICA DE CONSOLIDACIÓN SIMPLE DEL 15 % .....	145
ILUSTRACIÓN 53	ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 15 % .....	147

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>TITULO:</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS (PEAD)
<b>AUTOR(ES):</b>	SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERÓN DANIEL JOSÉ REYES RODRIGUEZ
<b>PROGRAMA:</b>	Facultad de Ingeniería Civil
<b>DIRECTOR(A):</b>	JULIÁN ANDRE GALVIS FLOREZ

## RESUMEN

El desarrollo de este proyecto se basa en el análisis para el mejoramiento de un suelo arcilloso, que luego es mezclado con fragmentos de material de Polietileno de Alta Densidad (PED), que son tomados de una empresa avícola Santanderina (huacales de transporte de pollo en pie) a unos porcentajes establecidos (5 %, 10 %, 15 %) respectivamente, se hacen ensayos de caracterización del suelo y condiciones de humedad (granulometría, límite plástico, límite líquido), junto con esto se determina cual es la humedad óptima de dicho suelo (proctor), y finalmente se realiza el ensayo de corte directo consolidado drenado y compresión simple para los porcentajes ya mencionados anteriormente, con estos resultados, se comparan para determinar cuál es la dosificación que mejor resultado aporta entre resistencia a la compresión, cohesión y su resistencia al corte.

## PALABRAS CLAVE:

PEAD, MEJORAMIENTO, SUELO, ARCILLA, HUACALES, AVÍCOLA

## V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

21/1/2020 [www.upbbga.edu.co/biblioteca/formatoi.php](http://www.upbbga.edu.co/biblioteca/formatoi.php)

## GENERAL SUMMARY OF GRADE WORK

**TITLE:** STUDY OF THE BEHAVIOR OF A CLAY SOIL BEFORE AND AFTER THE ADDITION OF FRACTURED TRANSPORT CRATES (PEAD)

**AUTHOR(S):** SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERÓN DANIEL JOSÉ REYESRODRIGUEZ

**PROGRAM:** Faculty of Civil Engineering

**DIRECTOR:** JULIÁN ANDRE GALVIS FLOREZ

## SUMMARY

The development of this project is based on the analysis for the improvement of a clayey soil, which is then mixed with fragments of High Density Polyethylene (HDPE) material, which are taken from a poultry Santanderiana company (standing chicken transport) at established percentages (5%, 10%, 15%) respectively, soil characterization tests and humidity conditions are carried out (grain size, plastic limit, liquid limit), together with this it is determined which is the optimal humidity of said soil (proctor), and finally the direct cutting test and simple compression test is carried out for the percentages already mentioned, with these results, they are compared to determine which is the dosage that best contributes between compressive strength, cohesion and its resistance to cutting.

## KEYWORDS:

HDPE, IMPROVEMENT, SOIL, CLAY, CRATES, POULTRY

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

[www.upbbga.edu.co/biblioteca/formatoi.php](http://www.upbbga.edu.co/biblioteca/formatoi.php)

## 1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Es muy frecuente encontrar una mala estabilización y/o mejoramiento de un suelo arcilloso, que es sometido a esfuerzos cortantes, suele presentarse cuando hay una mala disposición de este material o éste, no cuenta con las propiedades necesarias para dicha necesidad. Esto conlleva a un sobre costo en cualquier proyecto de obra civil, por esto, una solución viable es adicionar material que permita el mejoramiento mecánico de dicho suelo, siendo necesario que esta adición cumpla con la normatividad requerida para dicho proceso.

Este proyecto tuvo como planteamiento la adición de material PEAD (Polietileno de Alta Densidad) siendo una de sus mayores propiedades la resistencia a compresión y tensión a un determinado suelo. El polietileno de alta densidad es un material que diariamente tiene un desperdicio muy alto, lo que se buscó fue la implementación de este material en el mejoramiento del suelo como una solución reciclable y de aprovechamiento.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el comportamiento mecánico de un suelo arcilloso mejorado con fragmentos de polietileno de alta densidad procedente de canastas de transporte de pollo en pie y en la estabilización del suelo con diferentes porcentajes de este material.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el suelo que se estudiará mediante los ensayos de laboratorio como lo son: granulometría, plasticidad, proctor modificado, corte directo consolidado drenado y compresión simple.
- Realizar los ensayos de laboratorios para la caracterización del material, y así, establecer la cantidad óptima de polietileno a emplear, el cual de mejor resultado en el mejoramiento del suelo.
- Determinar mediante los ensayos de corte directo y compresión simple, la carga última del suelo y su resistencia al corte.
- Evaluar el comportamiento de los especímenes de suelo modificado en comparación con el suelo sin modificar.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de nuevos materiales para el mejoramiento de suelo como la arcilla donde sus propiedades mecánicas generalmente no son buenas, esta es una proyección a nuevas alternativas que ayuden al medio ambiente y mejore la ecuación costo beneficio de cualquier proyecto a desarrollarse en dicho campo.

Por medio de este proyecto de busco estudiar una alternativa diferente para el mejoramiento de un suelo, donde se utilizó desechos de la industria avícola, dicho material es el PEAD (Polietileno de Alta Densidad) que es un material fuerte a la compresión. Además, haciendo un análisis a la industria avícola en la región es claro que Santander es el líder de dicho mercado a nivel nacional y por esta razón, la cantidad de desechos que genera son significativos, por ello, se buscó una manera de implementarlo a soluciones viables para el mejoramiento de suelos. [1]

#### **4. ALCANCE**

Dentro de este proyecto se buscó la eficiencia que pueda dar el Polietileno de Alta Densidad (PEAD – HDPE) en la implementación, como una técnica para la estabilización y mejoramiento de las propiedades de un suelo, es decir, cuanta resistencia que puede soportar sin presentar deformaciones considerables. Para esto, se realizaron los laboratorios necesarios en la caracterización, determinar su humedad óptima en el suelo inalterado. Realizar los ensayos de compresión simple y corte directo para la muestra de suelo natural y la muestra de suelo mezclada con los diferentes porcentajes del Polietileno de Alta Densidad, y así, comparar entre los diferentes resultados, cuál es la diferencia y aumento de la resistencia de suelo y definir cuál porcentaje establece el mejor resultado en la interacción del suelo y el material.

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1. EL SUELO

El suelo se le hace referencia a la parte superficial de la corteza terrestre que proviene de la desintegración de las rocas y las actividades de los seres vivos que se asientan o desintegran sobre ella, dentro de esta, se lleva al proceso evolutivo desde el momento que empieza su meteorización hasta que el suelo es apto para la vegetación y su uso, llevando en su composición minerales, agua, gases y material orgánico derivados de la combinación de factores geológicos, climáticos y biológicos. El suelo debe su origen a la erosión de rocas preexistentes (ígneas, sedimentarias, metamórficas) [2]

#### 5.1.1. TIPOS DE SUELOS

Dentro de los suelos encontramos clases y tipos en que se dividen, donde las partículas más grandes se le conocen como granulares o gruesos y a las partículas pequeñas como arenas o finos, los suelos se dividen en gravosos, arenosos, limosos y arcillosos dependiendo del tamaño de sus partículas. A esto también se pueden encontrar suelos de tipo orgánico que se usan especialmente en materia de agricultura.

También dentro de la clasificación podemos encontrar mezclas de suelos que pueden tener una parte de suelo grueso y una parte de suelo fino dependiendo del porcentaje que esté en su composición.

TABLA 1 NOMBRE TÍPICO DE LOS MATERIALES

<b>GRUPO</b>	<b>NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL</b>
<i>GW</i>	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino
<i>GP</i>	Grava mal gradada, mezclas grava-arena, poco o ningún fino
<i>GM</i>	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo
<i>GC</i>	Grava arcillosa, mezclas gravo-arena arcillosas
<i>SW</i>	Arena bien gradada
<i>SP</i>	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino
<i>SM</i>	Arena limosa, mezclas arena-limo
<i>SC</i>	Arenas arcillosas, mezcla arena-arcilla
<i>ML</i>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas
<i>CL</i>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
<i>OL</i>	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
<i>MH</i>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo) suelos elásticos
<i>CH</i>	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas
<i>OH</i>	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
<i>Pt</i>	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos

FUENTE: GEOMECÁNICA. DUQUE ESCOBAR, GONZALO AND ESCOBAR P, CARLOS ENRIQUE. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (2016)

### 5.1.2. MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS

Los suelos se pueden estabilizar de diversas maneras, con el tiempo se han estudiado formas que no son tan convencionales y que aún no son tan común en el mercado, para mejorar un suelo podemos hacerlo de tres maneras: química, física o mecánica; teniendo como fin una disminución en la deformabilidad, un aumento de su resistencia o modificar su permeabilidad. Algunos de los métodos más utilizados son mejoramiento con cal o cemento que consiste en el aumento de la capacidad portante del suelo y la disminución en su contenido de humedad, disminuir su plasticidad y un incremento de sus propiedades mecánicas.

En la construcción de segmentos viales, cimentaciones de edificios y otras construcciones se utilizan técnicas como lo son:

- Compactaciones mediante vibroflotación o vibrosustitución como columnas de grava
- Inyecciones a presión, también conocido como “jet grouting”
- Pantallas
- Compactación dinámica
- Drenes verticales

Estas técnicas consisten en modificar las características del suelo por acciones físicas o inclusiones en el suelo con el fin de aumentar su capacidad de resistencia al corte, disminución de asentamientos, evitar el agrietamiento y en casos específicos disminuir su permeabilidad. [3]

## 5.2. PRODUCCIÓN AVÍCOLA

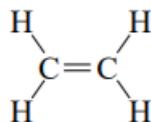
Dentro del tema principal de este proyecto, la cantidad de residuos producidos por la industria aviar en Santander es muy elevado puesto que la producción avícola en este departamento es una de las más grandes a nivel nacional, por ello, pese a la gran cantidad de producción, también se genera gran cantidad de desechos. Sus diferentes ciclos y tipos de explotación como lo son levante, engorde, genética y reproducción. Santander por su geografía y sus condiciones climáticas, logran un ambiente eficiente para su desarrollo. “En el año 2017, la población aviar fue de 157.135.317.000 que se distribuyen en 256.130 predios, de los cuales Santander dio producción al 23.55 %; se pretende cerrar el año con una producción de 1.5 millones de toneladas de carne de pollo y más de 13.200 millones de huevos”. (AGRONEGOCIOS). Con estas cifras podemos decir que Santander da 40 millones de aves en sus diferentes tipos de producción en más o menos una cifra de 1.026 predios en explotación avícola. “Para el 2017 el valor de la producción avícola fue más de \$17 billones”, (Andrés Valencia expresidente de Fenavi) [4] [1]

Tomando como referencia el valor de 40 millones de pollos/año, podría decir que se producen en promedio 111.112 pollos/día. Si cada camión de transporte de pollo en pie tiene una capacidad de 288 huacales, y en promedio se sacan 10 pollos por huacal, podría concluir que cada camión transporta una cantidad de pollos en pie de 2.880; esto quiere decir que se necesitarían 39 viajes al día para mover 111.112 pollos dando como resultado 11.232 huacales/diarios. [5]

### 5.3. POLIETIELO DE ALTA DENSIDAD.

El desarrollo histórico del polietileno surge de la labor de varios científicos europeos; fue descrito en los años veinte por el científico alemán ganador del premio Nobel en 1953 Herman Staudinger. El polietileno es un plástico que pertenece a los termoplásticos, este es un polímero que se da en una cadena repetitiva de etileno ( $\text{CH}_2$ ), donde la molécula se compone de átomos de carbono e hidrogeno; siendo sus propiedades químicas y mecánicas muy buenas como lo son su lubricidad, resistencia de impacto, abrasión y es químicamente inerte, donde podemos dividirlos en cuatro sud grupos que los encontramos frecuentemente en la industria, polietileno, polipropileno, poliestireno y el polivinilcloro. [6]

## ILUSTRACIÓN 1 ETILENO



C. J. L. J. C. A. DIEGO CARDONA, «POLIETILENO, ORTHOPAEDIC INSTITUTE AT MERCY HOSPITAL,» 24 FEBRERO 2010. [EN LÍNEA]. AVAILABLE: [HTTPS://WWW.MEDIGRAPHIC.COM/PDFS/ORTOPE/OR-2010/OR102M.PDF](https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2010/or102m.pdf). [ÚLTIMO ACCESO: 12 SEPTIEMBRE 2019].

High Density Polyethylene (HDPE) en inglés o Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en español, está muy presente en nuestro entorno ya que muchos de sus usos son botellas, juguetes, envases de cosméticos, cascos, objetos domésticos, lanchas, entre otros. Es el sintético con mayor volumen de producción en todo el mundo, ya que posee múltiples atributos como lo son la flexibilidad, resistencia, eficiencia, rápida instalación y sus características de manejo le permite trabajar con el de distintas formas, como lo es moldeo de inyección, roto moldeo, extrusión y soplado. [7] [8]

La canasta de transporte de pollo en pie de polietileno de alta densidad tiene un peso de 7,5 kg, con una capacidad de carga de 30 kg, tiene una resistencia de 560 kg y su capacidad depende del peso de pollo por lo general no caben más de 12 pollos, cuenta con unas dimensiones de 60 cm de ancho, 85 cm de profundo y 27 cm de alto. Los huacales de polietileno de alta densidad tienen un costo en el mercado de \$ 50.000.

Asumiendo un desgaste por manejo del material, movimiento, intemperie, aseo, estos son vendidos con un aproximado de vida útil de cinco años; pese a su uso tan variable, estos guacales pierden su vida útil, de dos a cuatro años

ILUSTRACIÓN 2 HUACAL DE TRANSPORTE DE POLLO EN PIE



FUENTE: AUTORES

TABLA 2 RECINAS PLÁSTICAS MÁS COMUNES Y SUS PRINCIPALES APLICACIONES

<p><b>POLIETILENO (PEAD-PEBD)</b></p>	<p>El polietileno se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. El etileno se somete en un reactor a un proceso de polimerización<sup>4</sup>. Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets. Dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación existen variedades de polietileno. Las más conocidas son: el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad PEBD; de este último se producen dos tipos: el PEBD convencional y el PEBD lineal. El polietileno se produce a partir del etileno derivado del petróleo o gas natural. El etileno se somete en un reactor a un proceso de polimerización<sup>4</sup>. Este se realiza en presencia de un catalizador, en condiciones de presión y temperatura que posibilitan la formación de polímeros, que en el producto final tienen la forma de gránulos, denominados pellets. Dependiendo de las condiciones del proceso de fabricación existen variedades de polietileno. Las más conocidas son: el polietileno de alta densidad PEAD y el polietileno de baja densidad PEBD; de este último se producen dos tipos: el PEBD convencional y el PEBD lineal.</p>
---------------------------------------	--

FUENTE: F. F. MOGOLLON, «PLAN DE NEGOCIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA PLANTA MOVIL Y ATÓMICA PARA LA RECUPERACIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA SAB MILLER-BABARIA,» [9]

TABLA 3 APLICACIONES DE LAS RECINAS MÁS UTILIZADAS

Poliétileno de alta densidad (PE-AD)	Tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, bidones, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; cuñetes para pintura; bañeras; cerramientos; juguetes; barreras viales; conos de señalización.
--------------------------------------	--

FUENTE: F. F. MOGOLLON, «PLAN DE NEGOCIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA PLANTA MOVÍL Y ATÓMICA PARA LA RECUPERACIÓN DE POLIÉTIENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA SAB MILLER-BABARIA,». [9]

## 6. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Este proyecto busco analizar cómo se comporta un suelo arcilloso antes y después de la adición de fragmentos de Polietileno de Alta Densidad; el material utilizado fueron canastas de transporte de pollo en pie, fracturadas, donde se evalúa que tan óptimo es el resultado de esta combinación en el mejoramiento del suelo.

El PEAD fue mezclado con el suelo en porcentajes de 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, para determinar cuál porcentaje presenta el mejor comportamiento entre resistencia, cohesión y su ángulo de fricción

### 6.1. RECOPIACIÓN DE BIBLIOGRAFIA

Se hace una investigación fundamentada en la recopilación de información entre libros, proyectos de grado, entrevistas e información electrónica adicional para lograr argumentar y soportar todo lo descrito en este proyecto de grado.

### 6.2. BÚSQUEDA DEL MATERIAL

El material fue tomado de una finca de Ruitoque Bajo (finca Italianos Km 5 vía Acapulco) con la característica de ser un suelo arcillo no expansivo.

La empresa de producción avícola (Pollo Kasta) también tiene su centro de producción en este sector, donde tiene como objeto el levante, engorde, transporte y comercialización de pollo en pie. De esta empresa se obtuvieron los huacales que se encontraban fuera de uso por deterioro, luego fueron transportados a una trituradora (Barrio Girardot) dónde se fracturaron para quedar en pequeños fragmentos, de aquí, se trasladó al laboratorio para desarrollar las practicas necesarias.

### ILUSTRACIÓN 3 LUGAR DONDE SE RECOGE LA MUESTRA



FUENTE: GOOGLE MAPS, [HTTPS://WWW.GOOGLE.COM/MAPS/@7.0301289,-73.1160509,166M/DATA=!3M1!1E3](https://www.google.com/maps/@7.0301289,-73.1160509,166m/data=!3m1!1e3)

### 6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron los ensayos necesarios para la caracterización del suelo como lo son la humedad, granulometría, el límite líquido, el límite plástico, también se realiza ensayos para el análisis y estabilización del suelo como lo es corte directo consolidado drenado y compresión simple.

### ILUSTRACIÓN 4 LUGAR DONDE SE OBTIENE EL SUELO DEL PROYECTO



FUENTE: AUTORES DEL PROYECTO

El suelo fue tomado en las coordenadas 7° 8' 18.94'' N y 73° 7' 0.64'' O, se caracteriza que el suelo es de material arcilloso, en este sitio se logra apreciar que el material tiene similitudes físicas a las del suelo a esperado. Se tomó una cantidad representativa para poder contar con esta muestra en todos los ensayos y así asegurarnos que no se presentara alteración por factores como la variabilidad del clima, transporte o el suelo se viera afectado por diferentes materiales externos. Esta muestra se transportó a la Universidad Pontificia Bolivariana, donde se depositó en el laboratorio de suelos con el cuidado de mantener sus propiedades y que se mantenga fuera del alcance de otros materiales presentes en este lugar.

Todos los ensayos realizados se llevaron a cabo bajo la normatividad y especificaciones técnicas del INVIAS 2012, se realizaron algunas alteraciones puntuales en procedimientos bajo la aprobación y supervisión de nuestro director.

### 6.3.1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN

Con estos ensayos buscamos de manera detallada caracterizar el suelo con el que se ha de trabajar para lograr clasificarlo, describirlo y analizarlo.

#### 6.3.1.1. ENSAYO DE HUMEDAD

En este ensayo buscamos determinar la cantidad de agua presente en el suelo respecto a su peso seco, se puede decir que es la relación de agua presente en el suelo; se puede definir como:

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

En este ensayo se toman en tres recipientes, tres muestras de material no mayor a 100 g (con su humedad natural) para ser tarados; se procede a poner en el horno por tres minutos para un tiempo inicial de secado, de nuevo se tara y se regresa al horno por un tiempo de una hora y treinta minutos; se toma lectura final de su peso y procede a realizar los cálculos pertinentes. [10, pp. 11-12] [11, pp. INV E - 122]

Dando como resultados los siguientes datos:

TABLA 4 RESULTADOS PORCENTAJE DE HUMEDAD

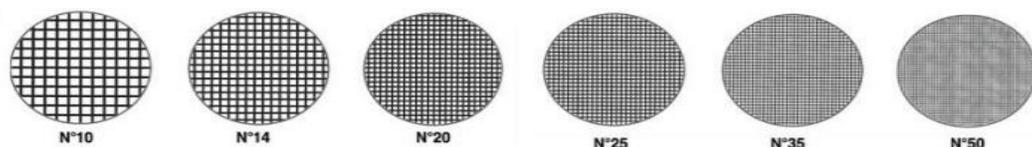
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10,5	8,8	8,3
PROMEDIO	%	9,2		

FUENTE: AUTORES

#### 6.3.1.2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

La granulometría es un método que nos permite clasificar cuantitativamente el suelo para usos de ingeniería, este ensayo es un intento de lograr determinar la distribución de las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos de una cantidad de suelo dado. Esta práctica nos permite agrupar el suelo por rangos de tamaño de grano, pero no nos describe su forma ni determina si son angulares o redondos. [10] [11]

ILUSTRACIÓN 5 MALLAS PARA TAMICES



FUENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, «GEOMECÁNICA, ESTRUCTURA DEL SUELO Y GRANULOMETRÍA,» [12]

TABLA 5 SERIE DE TAMICES O MALLAS

DESIGNACIÓN	ABERTURA $\phi$	DESIGNACIÓN	ABERTURA $\phi$
<b>3 PULGADAS</b>	75 mm	N° 16	1180 $\mu$
<b>2 PULGADAS</b>	50 mm	N° 20	850 $\mu$
<b>1 1/2 PULGADA</b>	37,5 mm	N° 30	600 $\mu$
<b>1 PULGADA</b>	25 mm	N° 40	425 $\mu$
<b>3/4 PULGADA</b>	19 mm	N° 50	300 $\mu$
<b>3/8 DE PULGADA</b>	9,5 mm	N° 60	250 $\mu$
<b>N° 4</b>	4,75 mm	N° 100	150 $\mu$
<b>N° 8</b>	2,36 mm	N° 140	106 $\mu$
<b>N° 10</b>	2 mm	N° 200	75 $\mu$

FUENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, «GEOMECÁNICA, ESTRUCTURA DEL SUELO Y GRANULOMETRÍA,» [12]

TABLA 6 TAMAÑO DE GRANOS

DENOMINACIÓN DE TAMAÑO	DIÁMETROS DOMINANTES	SUELO REPRESENTATIVO
<b>Muy grueso</b>	> 60 mm	Cantos boleos
<b>Gruesos</b>	60 a 2 mm	Grava
<b>Medianos</b>	2 a 0,06 mm	Arena
<b>Finos</b>	0,06 a 0,002 mm	Limo
<b>Muy finos</b>	< 0,002 mm	Arcilla

FUENTE: UNIVERCIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, «GEOMECÁNICA, ESTRUCTURA DEL SUELO Y GRANULOMETRÍA,» [12]

Se realizó el análisis granulométrico por el método de lavado sobre el tamiz N° 200, donde se lava el material. De este proceso, el material que pasa por el tamiz se pierde y el que permanece dentro de él es llevado al horno por un tiempo de 24 horas para ser pesado e iniciar el proceso de tamizado manual; agitando la serie de tamices para generar movimiento continuo en el material y finalizar el procedimiento del tamizado. Se pesa lo retenido en cada tamiz y al finalizar la suma de cada fracción retenida no debe superar la masa inicial de la muestra en más de 1 %.

## ILUSTRACIÓN 6 LAVADO DE FINOS



FUENTE AUTORES

Dando como resultado:

TABLA 7 RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

<b>GRAVAS = (100- %PASA N° 4)</b>	GRAVAS (gr)	3,03
<b>ARENAS = 100- (GRAVAS + FINOS)</b>	ARENAS (gr)	15,17
<b>FINOS = % PASA EL TAMIZ 200</b>	FINOS (gr)	81,80

FUENTE: AUTORES

### 6.3.1.3. ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

#### 6.3.1.3.1. LÍMITE LÍQUIDO

Se buscó el porcentaje de humedad dónde se mezcló la muestra de suelo con agua en un recipiente de porcelana, se hizo homogénea con la espátula, se adiciona más agua hasta que se genera una pasta uniforme de consistencia homogénea, se pasó una cantidad de la pasta creada a la copa de Casa Grande, con la ayuda de una espátula se llevó  $\frac{1}{4}$  de la copa y se nivela, haciendo la menor cantidad de pasadas posibles con la espátula para evitar que se queden atrapadas burbujas de aire. Luego con el ranurador se separa el material evitando pasarlo más de seis veces y contando que con la última pasada quede totalmente limpio el fondo de la copa. Se procede a encender el equipo con la muestra de suelo dividida, se toma nota de la cantidad de golpes que son requeridos para cerrar la ranura, se procede a tomar una muestra que se deposita en un recipiente para ser pesada y llevada al horno. Se limpia la copa y se procede a agregar un poco más de agua al recipiente de porcelana para generar que el suelo esté en un mayor estado de fluidez. Se repite el procedimiento dos veces más teniendo como fin que el intervalo de golpes de una muestra a otra sea más o menos de diez golpes.

Esto nos da como resultado:

TABLA 8 RESULTADO LÍMITE LÍQUIDO

LIMITE LIQUIDO	41,6
----------------	------

FUENTE: AUTORES

## ILUSTRACIÓN 7 MUESTRAS FINALES DE PLASTICIDAD



FUENTE: AUTORES

## 6.3.1.3.2. LÍMITE PLÁSTICO

Este procedimiento se desarrolló seleccionando una porción pequeña de suelo que pase por el tamiz 425  $\mu$  se hace una preparación con agua destilada asegurándonos de no sobrepasar el límite de agua que se le debe adicionar; ya que el fin es que la muestra se pueda tomar fácilmente como una esfera, sin que esta esfera quede demasiado pegajosa al tacto, para facilitar el proceso de formación de la misma, dicha esfera debe ser de más o menos unos 2 gr. El método para la elaboración de los rollos es manual, se elaboran rollos de unos 3 mm de diámetro haciendo movimientos de rotación (movimiento de la mano hacia adelante y hacia atrás) con una velocidad de más o menos 80 rotaciones/minuto; haciendo el movimiento con la palma de la mano y el plato de vidrio esmerilado, este proceso no debe tardar más de dos minutos, luego de conseguir el diámetro solicitado, se procede con el movimiento solo que a menor velocidad hasta que el rollo se dañe, se recoge y se

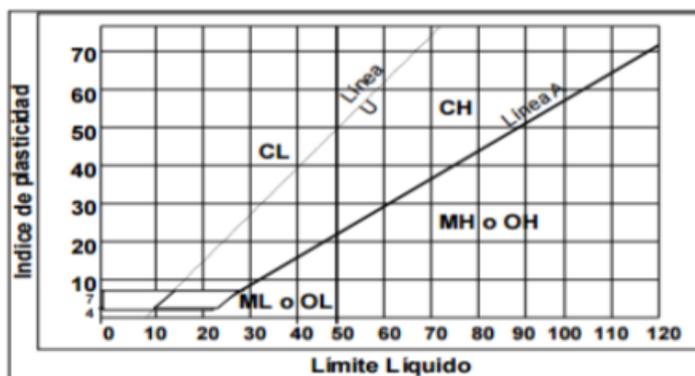
amasa de nuevo para comenzar de nuevo con el procedimiento hasta que sea difícil realizar dichos rollos y se formen cilindros pequeños. Luego de ensayar todo el material, para finalizar, se determina el contenido de humedad.

### ILUSTRACIÓN 8 EJECUCIÓN DEL ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO



FUENTE: AUTORES

### ILUSTRACIÓN 9 CARTA DE PLASTICIDAD



FUENTE: NORMA INVIAS 2013, SECCIÓN 100-SUELOS, E-181. PÁGINA 787, FIGURA 181-1. ARTA DE PLASTICIDAD

Esta carta de plasticidad nos permitió determinar el grupo al que pertenece el suelo que se estudió, con los ensayos realizados podemos definir con precisión que suelo es.

Dándonos como resultado:

TABLA 9 RESULTADOS LÍMITE PLÁSTICO

LÍMITE PLÁSTICO	23,27
-----------------	-------

FUENTE: AUTORES

De los anteriores resultados del límite líquido y el límite plástico obtenemos el siguiente resultado para nuestro índice de

TABLA 10 ÍNDICE DE PLASTICIDAD

LÍMITE LÍQUIDO	41,6
LÍMITE PLÁSTICO	23,27
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	18,33

FUENTE: AUTORES

### 6.3.2. PROCTOR MODIFICADO

La estabilización de un suelo es la compactación mediante la incorporación de energía en el suelo. El método es utilizado para determinar la relación que tiene la humedad y la masa unitaria en un suelo compactado, que consiste en mejorar las propiedades físicas dándole estructura, resistencia al corte, relación de vacíos. Hay diferentes métodos para la estabilización de un suelo como lo es la ceniza, la cal, el cemento; pero estos métodos suelen ser costosos.

El método genera al suelo incremento en la resistencia al corte, disminución en la compresibilidad, junto a esto, disminución en la contracción, disminución en la permeabilidad incremento en la densidad y finalmente el incrementó en el potencial de expansión. Esto se hizo utilizando un molde con tamaño específico, un martillo de 10 lb donde se realizaron 25 golpes por capa, y una muestra

de suelo representativa. El ensayo modificado de compactación tiene cuatro métodos posibles para escoger, cual utilizar depende del suelo que tengamos, corroborando que el material utilizado pase por el tamiz N°4. Se corrobora que del material tamizado no quede retenido más del 30 % y el residuo en su preferencia sea desechado.

Con este método se determinó el peso unitario seco máximo, el contenido de humedad óptimo y el gráfico de humedad vs peso unitario [11, pp. 142-07] [10, pp. 79-88]

TABLA 11 MÉTODOS PARA REALIZAR ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN

METODO	A	B	C
<b>DIÁMETRO DEL MOLDE</b>	101,6 mm (4")	101,6 mm (4")	152,4 mm (6")
<b>MATERIAL</b>	Pasa tamiz de 4,75 mm (N° 4)	Pasa tamiz de 9,5 mm (3/8")	Pasa tamiz de 19,0 mm (3/4")
<b>CAPAS</b>	5	5	5
<b>GOLPES/CAPAS</b>	25	25	56
<b>USO</b>	Si 25% o menos de la masa del material queda retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Sin embargo, si en este tamiz queda retenido entre 5 y 25 % de la masa, se puede usar el Método A, pero se requiere la corrección por los sobretamaños y, en este caso, el uso del Método A no reportará ninguna ventaja	Si el 25% o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz 9,5 mm (3/8"). Sin embargo, si en este tamiz queda retenida entre el 5 y el 25 % de la masa, se puede usar el Método B, pero se requerirá la corrección por sobretamaños. En este caso, la única ventaja de usar el Método B en lugar del Método C, es que se necesita menos cantidad de muestra y el molde pequeño es más fácil de usar	Si 30 % o menos de la masa del material queda retenida en el tamiz de 19,0 mm (3/4")
<b>OTROS USOS</b>	Si este requisito de granulometría no se puede cumplir, se deben usar los Métodos B o C	Si este requisito de granulometría no se puede cumplir, se debe usar el Método C	-

FUENTE: INVIAS, «RELACION DE HUMEDAD-PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) [11, pp. 142-13]

### 6.3.3. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Se buscó determinar la relación entre la humedad y el peso unitaria de esta arcilla compactada, así, poder establecer la humedad óptima; donde determinamos la densidad seca máxima en relación con su porcentaje de humedad

Se realizaron tres ensayos de compactación utilizando el suelo arcilloso, donde se hizo variación en el porcentaje de humedad. Dándonos como resultado:

TABLA 12 RESULTADOS PROCTOR MODIFICADO

DENSIDAD SECA MÁXIMA	gr/cm <sup>3</sup>	1,95
HUMEDAD ÓPTIMA	%	14

FUENTE: AUTORES

### 6.3.4. CORTE DIRECTO CONSOLIDADO - DRENADO

Este ensayo mediante la norma INV E-154-13 tiene por objeto recrear las condiciones que inducen a un suelo en que incurra una falla a través un plano predeterminado, donde actúan dos fuerzas, la primera es un esfuerzo normal causada por la fuerza vertical y la segunda fuerza, es un esfuerzo cortante que se produce por la acción de una carga horizontal. Con este método se buscó determinar deformación, cohesión y el ángulo de fricción interno ( $\Phi$ ), utilizando el equipo de corte directo que consiste en poner en una probeta, en nuestro caso, cilíndrica llena del suelo de estudio, donde se encuentra restringida lateralmente por las paredes rígidas de la caja, se corta en plano horizontal y simultáneamente se somete a una presión normal en dicho plano a una velocidad controlada.

En este ensayo se tuvo tres porcentajes de material PEAD (5 %, 10 %, 15 %) mezclado con el suelo y teniendo en cuenta su humedad óptima; determinando la resistencia al corte del suelo, su ángulo de fricción y su cohesión. Se realizó mediante la deformación controlada de una muestra de suelo

deslizando en un plano de falla aumentando la fuerza de corte horizontal incrementada mientras se aplica una carga normal.

ILUSTRACIÓN 10 MÁQUINA DE CORTE DIRECTO



FUENTE: AUTORES

Se realizaron tres ensayos por cada porcentaje de material PEAD (0%, 5%, 10%, 15%) los cuales fueron sometidos a cargas de presión de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ - $1 \text{ kg/cm}^2$ - y  $2 \text{ kg/cm}^2$ .

Los datos obtenidos de acuerdo con los puntos de corte y porcentaje de material añadido:

Tabla 13 MUESTRA DE CORTE AL 0%, 5%, 10% 15%

0%							
$\sigma$	peso de la muestra	Volumen	Carga máxima soportada	$\tau$	$\gamma$ promedio	$\phi=$	Cohesión
$\text{Kg/cm}^2$	Kg	$\text{cm}^3$	Kg	$\text{Kg/cm}^2$	$\text{Kg/cm}^3$	$^\circ$ (Grados)	$\text{Kg/cm}^2$
0	0	0	0,00	0,1815	0,002432242	4,27	0,1815
0,5	0,1562	64,339	7,07	0,2197			
1	0,1565	64,339	8,20	0,3354			
2	0,1567	64,339	10,66	0,3629			
5%							
$\sigma$	peso de la muestra	Volumen	Carga máxima soportada	$\tau$	$\gamma$ promedio	$\phi=$	Cohesión
$\text{Kg/cm}^2$	Kg	$\text{cm}^3$	Kg	$\text{Kg/cm}^2$	$\text{Kg/cm}^3$	$^\circ$ (Grados)	$\text{Kg/cm}^2$
0	0	0	0,00	0,2411	0,002266611	3,76	0,2411
0,5	0,1452	64,339	8,20	0,2653			
1	0,1431	64,339	10,79	0,2549			

<b>2</b>	0,1492	64,339	11,68	0,3312			
<b>10%</b>							
$\sigma$	peso de la muestra	Volumen	Carga máxima soportada	$\tau$	$\gamma$ promedio	$\phi=$	Cohesión
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kg	cm <sup>3</sup>	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	° (Grados)	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>0</b>	0	0	0,00	0,1884	0,002211539	8,83	0,1884
<b>0,5</b>	0,14794	64,339	8,40	0,2612			
<b>1</b>	0,1412	64,339	11,30	0,3512			
<b>2</b>	0,1378	64,339	15,98	0,4967			
<b>15%</b>							
$\sigma$	peso de la muestra	Volumen	Carga máxima soportada	$\tau$	$\gamma$ promedio	$\phi=$	Cohesión
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kg	cm <sup>3</sup>	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	° (Grados)	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>0</b>	0	0	0,00	0,2633	0,0023236	7,64	0,2633
<b>0,5</b>	0,1491	64,339	10,45	0,3249			
<b>1</b>	0,1519	64,339	13,04	0,4054			
<b>2</b>	0,1475	64,339	17,01	0,5287			

FUENTE: AUTORES

Para la selección del material PEAD a utilizar, se tamizó para sacar partículas más pequeñas y necesarias para la mezcla con el suelo, de este modo, evitar las partículas mayores a dos (2) mm de espesor.

ILUSTRACIÓN 11 TAMIZADO DEL MATERIAL PEAD



FUENTE: AUTORES

**ILUSTRACIÓN 12    FRAGMENTOS DE PEAD**

FUENTE: AUTORES

**ILUSTRACIÓN 13    FORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES**

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 14 VISTA DEL ESPÉCIMEN TERMINADO



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACION 15 ESPÉCIMEN DESPUÉS DEL CORTE



FUENTE: AUTORES

### 6.3.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

Los ensayos se realizaron bajo la norma INV E-152-13 que describe el procedimiento del ensayo de “compresión inconfiada en muestras de suelo” donde se usa para determinar la resistencia a la compresión de suelos cohesivos bajo cargas axiales. En este proyecto, se realizaron tres (3) ensayos

por cada porcentaje (%) de material, muestras al 0%, 5%, 10%, 15% para obtener un promedio y datos más precisos.

Mediante las gráficas realizadas se obtuvo los puntos máximos para cada porcentaje donde se halló la carga última máxima de cada espécimen y su respectiva deformación unitaria.

TABLA 14 % DE DEFORMACIONES ENSAYO DEL 0 %

ENSAYO DEL 0 %		Deformación Unitaria (%)	qu (kPa)
		MUESTRA 1	0,092
	MUESTRA 2	0,11	526,01
	MUESTRA 3	0,13	447,1
	PROMEDIO	0,0978	464,06

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 16 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 0 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 15 % DE DEFORMACIONES ENSAYO CON ADICIÓN DE MATERIAL DEL 5 %

ENSAYO DEL 5 %		Deformación Unitaria (%)	qu (kPa)
	MUESTRA 1	0,106	690,12
	MUESTRA 2	0,09	655,01
	MUESTRA 3	0,093	640,2
	PROMEDIO	0,101	660,01

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 17 ENSAYO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 16 % DE DEFORMACIONES ENSAYO CON ADICIÓN DEL MATERIAL DEL 10 %

ENSAYO DEL 10 %		Deformación Unitaria (%)	qu (kPa)
	MUESTRA 1		0,128
MUESTRA 2		0,119	619,2
PROMEDIO		0,113	606,3

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 18 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 17 % DE DEFORMACIONES ENSAYO CON DE ADICIÓN DE MATERIAL DEL 15 %

ENSAYO DEL 15 %		Deformación Unitaria (%)	qu (kPa)
	MUESTRA 1	0,176	511,3
MUESTRA 2	0,146	477,33	
MUESTRA 3	0,1599	477,3	
PROMEDIO	0,156	485,7	

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 19 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 15%



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 20 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 15%



FUENTE: AUTORES

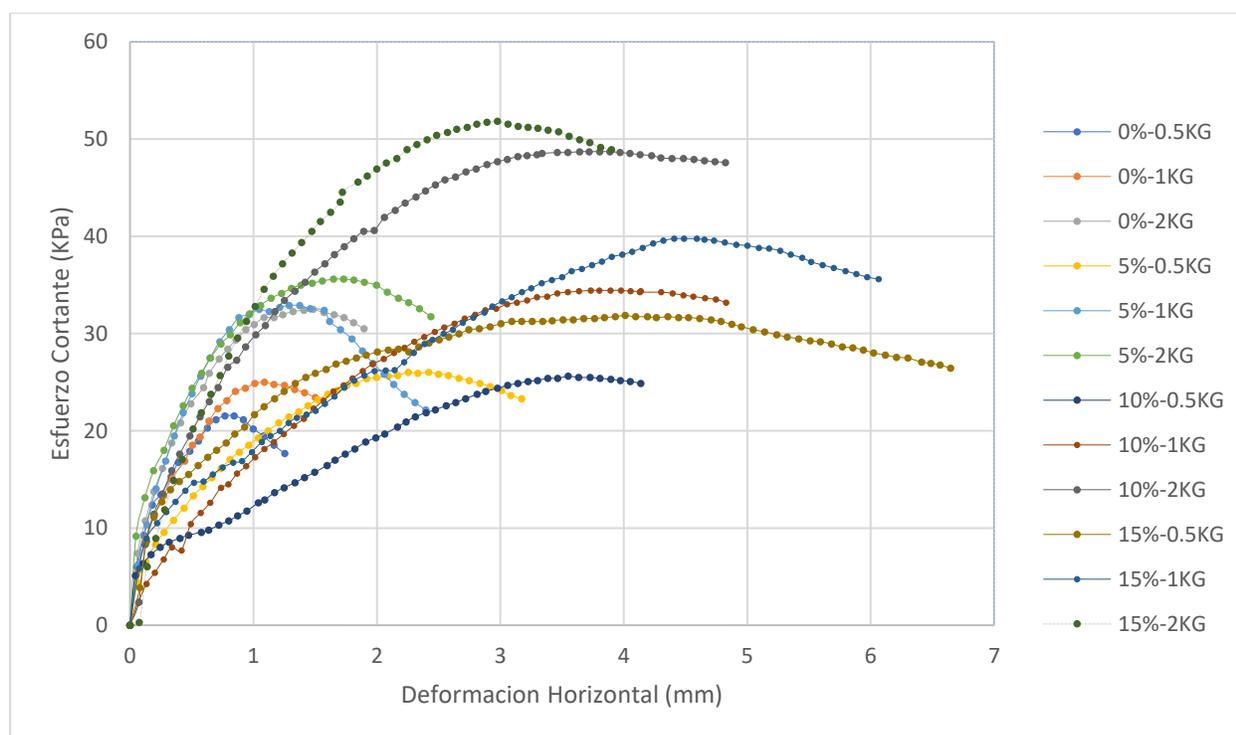
## 7. ANALISIS DE RESULTADOS

Para analizar los resultados de los datos antes mostrados, se especificó las condiciones del suelo inalterado, se trabajó en condiciones de humedad óptima para todas las muestras en los diferentes ensayos, manejando proporciones de suelo de 3000 gr y con adiciones ya especificadas de material PEAD 0 %, 5 %, 10 %, 15 % respectivamente para cada muestra hecha. Se presentan los resultados, gráficas y promedios obtenidos en el laboratorio.

### 7.1.1. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

En las siguientes gráficas se analizaron en comparativa todas las muestras realizadas y estos fueron los resultados.

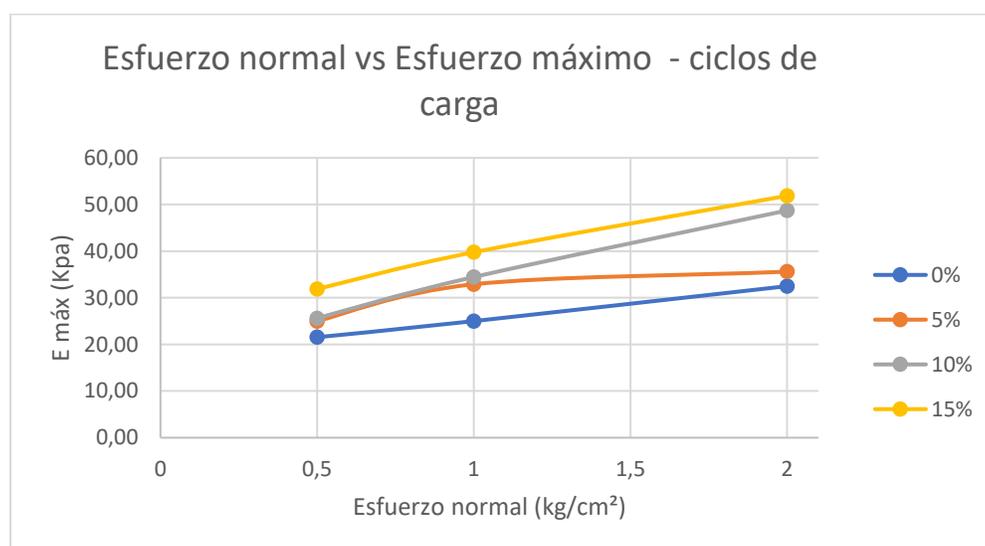
ILUSTRACIÓN 21 GRAFICA DE CORTE DEFORMACIÓN HORIZONTAL VS ESFUERZO



FUENTE: AUTORES

En la ilustración 21 presenta los esfuerzos cortantes y las deformaciones horizontales obtenidas en cada muestra realizada (12 especímenes) por cada ciclo de carga, es notorio ver que en los ciclos de carga de 2 kg por cada uno de los porcentajes hechos siempre está por encima de los otros ciclos menores. Con respecto a la muestra con 15 % de adición de material PEAD en el ciclo de carga de 2 kg, es la que presenta mayor resistencia al esfuerzo cortante y poca deformación horizontal, siendo este un contenido de material PEAD óptimo para mejorar el suelo utilizado.

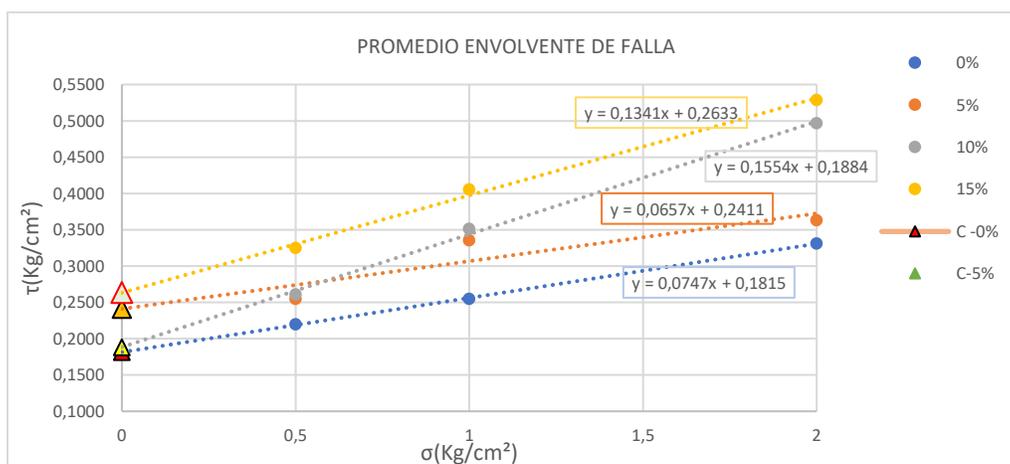
ILUSTRACIÓN 22 GRÁFICA CORTE DE ESFUERZO NORMAL VS ESFUERZO MÁXIMO



FUENTE: AUTORES

En la ilustración 22, se muestra el esfuerzo cortante máximo obtenido por cada ciclo de carga, ciclos de 0.5 kg, 1 kg y 2 kg, donde la muestra de suelo mezclada con el 15 % de material PEAD, siempre se mantuvo mayor de las demás muestras. En las muestras de 5 % y 10 % de material PEAD en los ciclos de carga de 0.5 kg y 1 kg, tuvieron un comportamiento similar en el transcurso del intervalo de carga, pero en el ciclo de carga 2 kg, el resultado del esfuerzo máximo entre los dos porcentajes cambia de manera diferencial.

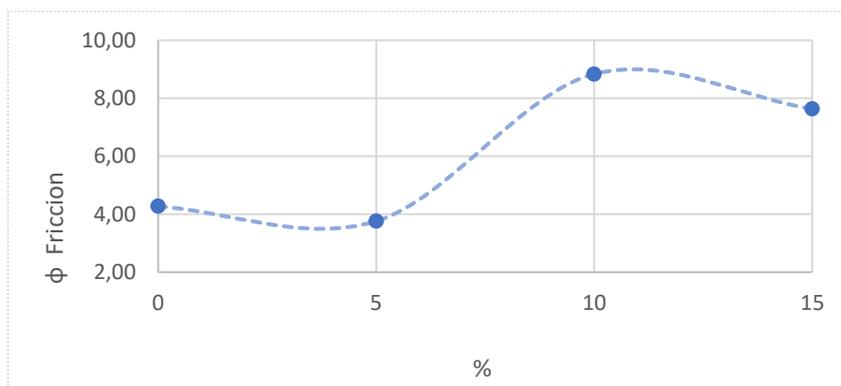
ILUSTRACIÓN 23      GRÁFICA DE PROMEDIO DE ENVOLVENTE DE FALLA



FUENTE: AUTORES

Gráficamente es claro que los resultados en el ensayo de corte directo, las muestras con un porcentaje de material PEAD de 15 %, en cualquiera de los tres ciclos de carga, siempre estuvo por encima de las otras muestras con porcentajes menores de material PEAD, aumento tanto de su ángulo de fricción, que es formado por una horizontal trazada a la línea de tendencia formada con los tres puntos máximos en los ciclos de carga, y su cohesión tiene un aumento significativo, lo cual determina la capacidad de las partículas del suelo para mantenerse unidas, así mismo, se incrementa la fuerza de tracción y características.

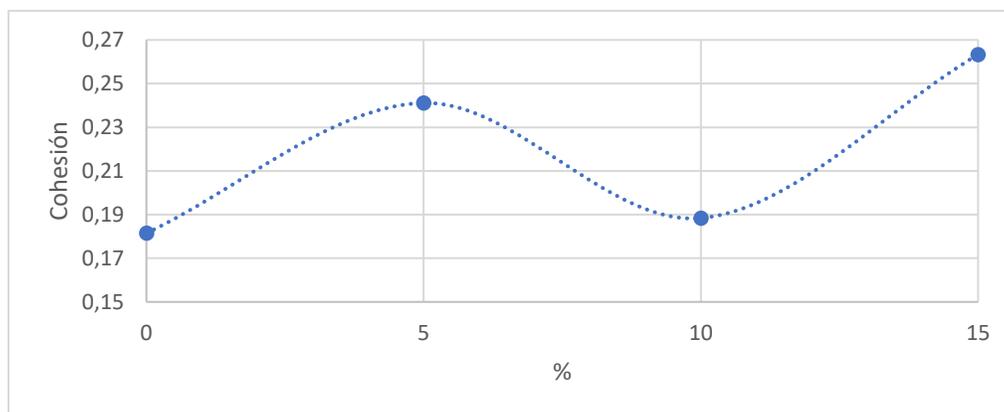
ILUSTRACIÓN 24 GRÁFICA DE % DE MATERIAL VS ÁNGULO DE FRICCIÓN



FUENTE: AUTORES

En comparación del suelo con un 0 % de material PEAD vs el suelo con adición del 10 % y del 15 % de material PEAD, el ángulo de rozamiento es de  $4.2^\circ$  para el suelo no mezclado aumentando a  $7.63^\circ$  para el suelo con porcentaje del 15 % y  $8.83^\circ$  para el suelo con porcentaje del 10%, mostrando un aumento de 78 % y más del 100 % respectivamente.

ILUSTRACIÓN 25 GRÁFICA DE % DE MATERIAL VS COHESIÓN



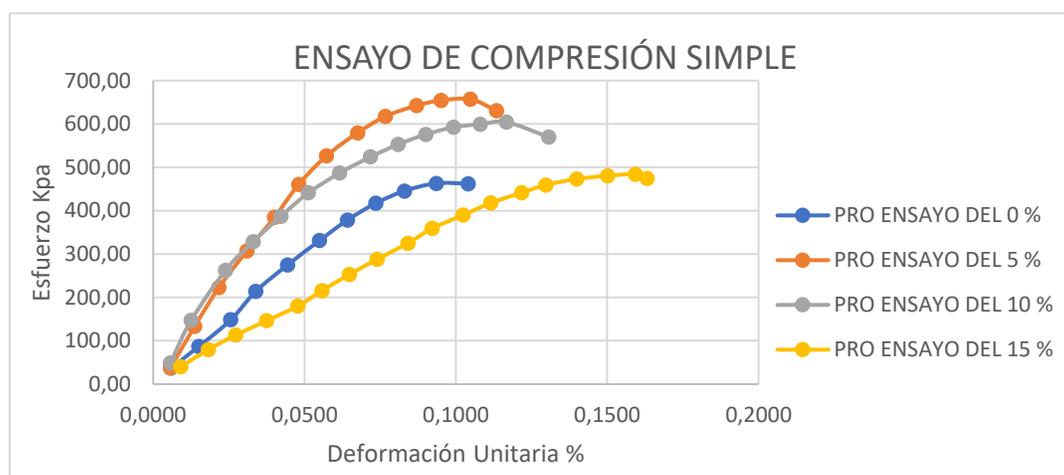
FUENTE: AUTORES

En la ilustración 25, se presenta una variación de la cohesión con respecto a la muestra inalterada (material PEAD al 0 %) en donde todas las muestras realizadas (5 % - 10 % - 15 %) su cohesión es mayor, aumentos de 5,5 % para la muestra con 10 % de adición PEAD, 33 % para la muestra con 5 % de adición PEAD y 44 % para la muestra con 15 % de adición PEAD, mostrando como resultado una gran mejoría.

### 7.1.2. ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

En el ensayo de compresión simple se pudo ver la curva de esfuerzo vs deformación de los promedios de ensayos inalterados (0 %) y alterados (5 % - 10 % - 15 %) donde se evidencia los diferentes cambios presentados en las muestras y sus diferentes condiciones

ILUSTRACIÓN 26 GRÁFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DE LOS CUATRO PORCENTAJES



FUENTE: AUTORES

En la ilustración 26 podemos evidenciar los diferentes comportamientos del suelo alterado – inalterado sometidos a esfuerzos de compresión, donde es evidente que la mezcla que mejor resultado presenta entre esfuerzo/deformación es la del 5 % logrando tener una mejoría del 42 % con respecto a al ensayo de suelo inalterado (0%), sin dejar a un lado la muestra del 10 % donde sus primeros valores de deformación con respecto a la muestra del 5 % es superior y logra tener una mejoría en el esfuerzo de 32 % con respecto a la inalterada; es importante resaltar que el ensayo del 15 % no obtuvo buenos resultados, de esto podemos analizar que el porcentaje de PEAD fue alto impidiendo una buena interacción con el suelo arcilloso, haciendo que la cohesión de las partículas no sea buena y permitiendo que las tres muestras tuvieran mayores deformaciones con respecto a los otros porcentajes (0 % - 5 % - 10 %).

## 8. CONCLUSIONES

Como se planteó en los objetivos, se analizó el comportamiento del material utilizado y se obtuvieron comparaciones entre los diferentes porcentajes utilizados, en donde se observó aumento de resistencia en los especímenes

- Los resultados de los ensayos dependieron de la mezcla utilizada de suelo arcilloso y la cantidad de material PEAD. El suelo utilizado en este proyecto de grado pasó por diferentes ensayos de caracterización, como lo son limite líquido y limite plástico, arrojando que fue una arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) determinado por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).
- Para el suelo manejado y las diferentes dosificaciones se observó que:
  - o El aumento significativo de las propiedades mecánicas, la resistencia a compresión simple creció con el contenido de material PEAD de forma considerable entre los valores del suelo inalterado y el suelo alterado a un 5 %, pero no mostró un mejor comportamiento en los especímenes con porcentajes mayores, puesto que se obtuvieron deformaciones altas (0.13 para el 10 % y 0.15 para el 15 % de material PEAD añadido) lo que al adicionar más material PEAD pierde cohesión entre sus partículas lo que limita y disminuye su resistencia a la compresión.
  - o El aumento de la resistencia a la fricción ( $\phi$ ) para los valores de 10 y 15 %
  - o El aumento en la cohesión en todas las adiciones de material PEAD al suelo utilizado.
- En comparación entre los ensayos de compresión simple y corte directo, se determinó que el porcentaje óptimo que mejoró las propiedades del suelo utilizado fue del 10 %, tanto en aumento de su resistencia a la compresión ( $q_u$ ) y sus coeficientes de rozamiento ( $\phi, C$ ).

- El material PEAD es altamente contaminante puesto que su degradación puede durar cientos de años en desaparecer, por ello, es un material reciclable que se puede aprovechar usándolo en diferentes proyectos como mejoramiento de subrasantes o en fundaciones, donde los suelos predominantes son de bajas resistencias.

## 9. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

- Se debe tener la precaución para no ver variaciones en los resultados por diferentes causas externas, como lo son, mal manejo de equipo, cambios en la temperatura del ambiente, perdida de humedad.
- Utilizar el mismo tamaño de las partículas de material PEAD para obtener valores más homogéneos
- Se sugiere implementar y analizar el suelo y el material PEAD en el ensayo de CBR para complementar la eficacia del mismo en proyectos viales y determinar, simulando cargas, las variaciones dinámicas que pueda sufrir el suelo.
- Es pertinente tener precaución en la manipulación del material cuando se está trabajando con su humedad óptima, puesto que los resultados encontrados pueden presentar pequeñas variaciones por temas como lo son el manejo sin guantes y la temperatura del ambiente
- El uso del material implementado (arcilla + PEAD) se puede recomendar en la estabilización de un suelo, donde este sea sometido a cargas o esfuerzos axiales, ya que se pudo demostrar que esta combinación mejora las propiedades mecánicas el suelo.
- Para un mejor resultado, incluir dentro de los ensayos de corte directo, un ciclo de carga de 0.25 kg para obtener valores más específicos y así, hallar mejores resultados.
- Evitar los ciclos de carga superiores a 2kg puesto que se pueden presentar deformaciones en los especímenes por aplastamiento.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Fenavi, «Estadísticas Fenavi,» Fenavi, 2017. [En línea]. Available: <http://fenavi.org/estadisticas/> . [Último acceso: 13 Febrero 2019].
- [2] Y. maldonado, «geologiaweb.com,» 27 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/mecanica-de-suelos/origen-formacion-suelos/>. [Último acceso: 13 abril 2019].
- [3] I. Y. R. A. I. G. Y. P. García, «Monografías,» Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos98/tecnicas-mejoramiento-suelos-aplicaciones-viet-nam/tecnicas-mejoramiento-suelos-aplicaciones-viet-nam.shtml>. [Último acceso: 13 abril 2019].
- [4] L. Orozco, «SANTANDER LIDER EN PRODUCCION AVICOLA,» AGRONEGOCIOS, 7 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.agronegocios.co/ganaderia/santander-lidera-la-produccion-avicola-2622546#>. [Último acceso: 11 Febrero 2019].
- [5] G. Lillo, Interviewee, *Especificaciones, huecales de transporte de pollo en pie, hechos de Polietileno De Alta Densidad*. [Entrevista]. 22 Febrero 2019.
- [6] D. C. -. C. J. L. -. J. C. ALCERRO, «POLIETILENO, ORTHOPAEDIC INSTITUTE AT MERCY HOSPITAL,» 24 FEBRERO 2010. [En línea]. Available: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2010/or102m.pdf>. [Último acceso: 12 SEPTIEMBRE 2019].
- [7] Clase Construcción y Estructura Náutica , «HDPE, Polietileno de Alta Densidad,» 2015. [En línea]. Available: [https://wiki.ead.pucv.cl/images/d/d4/Clase\\_3\\_construcci%C3%B3n\\_1\\_n%C3%A1utica\\_2015\\_HDPE.pdf](https://wiki.ead.pucv.cl/images/d/d4/Clase_3_construcci%C3%B3n_1_n%C3%A1utica_2015_HDPE.pdf). [Último acceso: Febrero 2019].
- [8] ARÍSTEGUI MAQUINARIA, « Usos y ventajas del HDPE,» ARÍSTEGUI MAQUINARIA, 6 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://www.aristegui.info/usuarios-y-ventajas-del-hdpe/>. [Último acceso: 11 Febrero 2019].
- [9] F. F. MOGOLLON, «PLAN DE NEGOCIOS PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA PLANTA MOVÍL Y ATÓMICA PARA LA RECUPERACIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA SAB MILLER-BABARIA,» 2009. [En línea]. Available: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis227.pdf>. [Último acceso: 21 SEPTIEMBRE 2009].

- [10] J. E. BOWLES, «ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-METODO MECÁNICO,» de *Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*, LIBROS MCGRAW-HILL DE MÉXICO, S.A. DE C.V., 1981, pp. 35 - 45 .
- [11] INVIAS, «RELACION DE HUMEDAD-PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN),» de *NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS*, INV E 142-13, 2012, pp. E - 142-13.
- [12] UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, «GEOMECÁNICA, ESTRUCTURA DEL SUELO Y GRANULOMETRÍA,» 2016. [En línea]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/53252/17/estructuradelsueloygranulometria.pdf>. [Último acceso: 11 SEPTIEMBRE 2019].
- [13] J. S. Méndez, «Interpretación de los ensayos de corte directo en arcillas consolidadas,» Universidad Politecnica de Cartagena, [En línea]. Available: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5855/tfe-ser-int.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 25 septiembre 2019].
- [14] SOLOSTOCKS, «HUACALES PLÁSTICOS PARA TRANSPORTE DE POLLOS EN PIE,» [En línea]. Available: [https://www.google.com/search?sa=X&rlz=1C1CHBF\\_esCO832CO838&q=guacales+de+transporte+de+pollo+en+pie&tbm=isch&source=univ&ved=2ahUKEwjx0qyLpvzAhVSSq0KHxqRC-cQ4216BAgJECM&biw=876&bih=632#imgrc=XjCivapHswrkwm](https://www.google.com/search?sa=X&rlz=1C1CHBF_esCO832CO838&q=guacales+de+transporte+de+pollo+en+pie&tbm=isch&source=univ&ved=2ahUKEwjx0qyLpvzAhVSSq0KHxqRC-cQ4216BAgJECM&biw=876&bih=632#imgrc=XjCivapHswrkwm). [Último acceso: 5 10 2019].

## 11. ANEXOS

### 11.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

TABLA 18 PORCENTAJE DE HUMEDAD

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS (PEAD)				
	FECHA: 16 DE MAYO DEL 2019			
	NORMA INVIAS 135-08			
	LABORATORIO DE GEOTECNIA			
	SUSAN CÉSPEDES CALDRÓN - DANIEL JOSE REYES			
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL				
MUESTRA		1	2	3
PESO MOLDE + MUESTRA HUMEDA	g	34,9	35,1	68,1
PESO MOLDE + MUESTRA SECA	g	32,3	32,9	63,7
PESO MOLDE	g	7,6	7,9	10,8
PESO DEL AGUA	g	2,6	2,2	4,4
PESO MUESTRA SECA	g	24,7	25	52,9
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10,5	8,8	8,3
PROMEDIO	%	9,2		

FUENTE: AUTORES

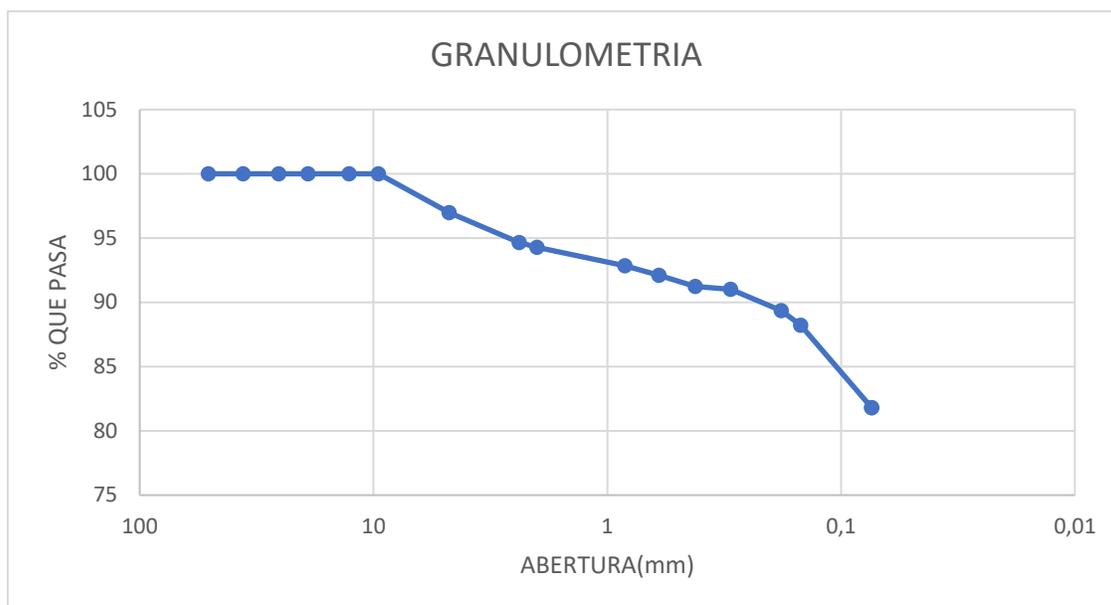
## 11.2. GRANULOMETRÍA

TABLA 19 GRANULOMETRÍA

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS (PEAD)				
		FECHA: 13 DE MAYO DEL 2019		
		NORMA INVE 123		
		LABORATORIO DE GEOTECNIA		
		SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSÉ REYES		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				
PESO SECO DE LA MUESTRA SIN LAVAR (g)			1085	
PESO DE LA MUESTRA LAVADA POR EL TAMIZ N° 200 (g)			880,42	
PESO DE LA MUESTRA RETENIDA POR EL TAMIZ N° 200 (g)			204,8	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO		
		RETENIDO		PASA (%)
		PARCIAL (g)	PARCIAL (%)	
2"	50,8	0	0	100
1 1/2"	36,1	0	0	100
1"	25,4	0	0	100
3/4"	19,05	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	100
3/8"	9,52	0	0	100
N° 4	4,75	32,85	3,03	96,97
N° 8	2,38	25,06	2,31	94,66
N° 10	2	4,2	0,39	94,28
N° 20	0,84	15,49	1,43	92,85
N° 30	0,6	8,1	0,75	92,10
N° 40	0,42	9,43	0,87	91,23
N° 50	0,297	2,5	0,23	91,00
N° 80	0,18	17,8	1,64	89,36
N° 100	0,149	12,4	1,14	88,22
N° 200	0,074	69,6	6,41	81,80
FONDO	0	8,4	0,77	81,03
TOTAL		205,83		
GRAVAS = (100- % PASA N° 4)		GRAVAS (gr)		<b>3,03</b>
ARENAS = 100 - (GRAVAS + FINOS)		ARENAS (gr)		<b>15,17</b>
FINOS = % PASA TAMIZ 200		FINOS (gr)		<b>81,80</b>
CALCULO D30	0,02708			
CALCULO D60	0,05426			
CALCULO D10	0,00868			
Cu	6,25			
Cc	1,56			
LP	23,27			
LL	41			
IP	17,73			
Y	15,33			

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 27 GRÁFICA CURVA DE GRANULOMETRÍA



FUENTE: AUTORES

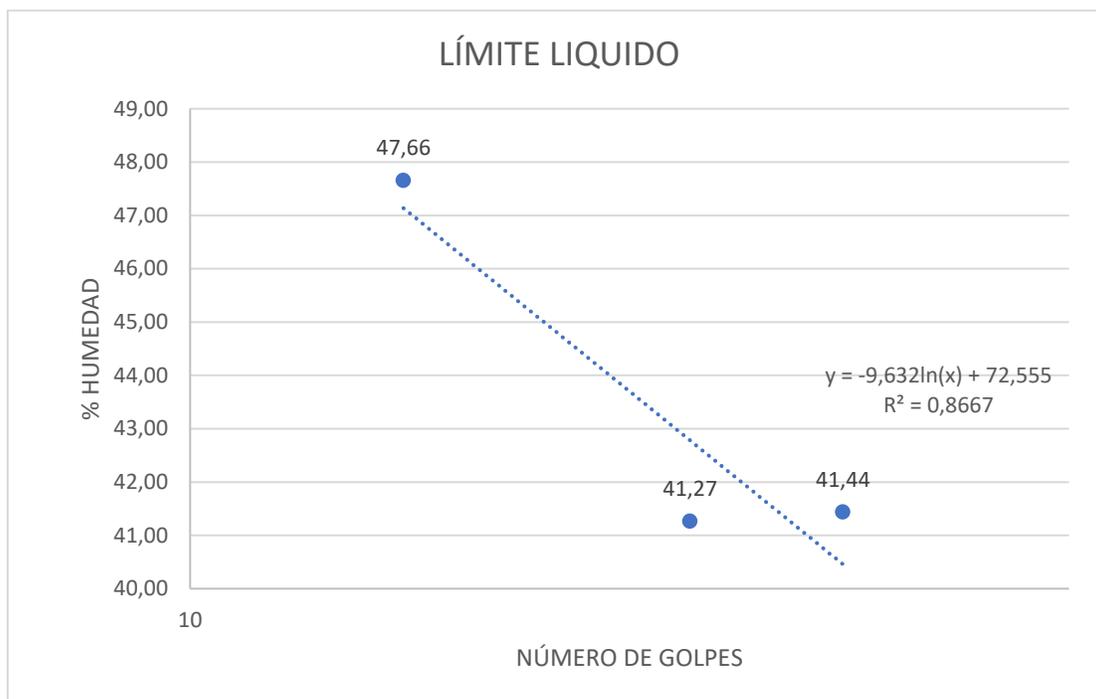
## 11.3. ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG

TABLA 20 LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS (PEAD)									
			FECHA: 14 DE MAYO DE 2019						
			NORMA INVE 125-07 -- NORMA INVE 126-07						
			LABORATORIO DE GEOTECNIA						
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN -- DANIEL JOSÉ REYES						
DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE UN SUELO									
PRUEBA	Nº DE GOLPES	PESO DE CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	PESO DE CAPSULA + SUELO SECO (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DE LA CÁPSULA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		
LÍMITE LÍQUIDO									
1	28	34,66	28,12	6,54	12,34	15,78	41,44		
2	22	23,08	19,44	3,64	10,62	8,82	41,27		
3	14	38,19	31,77	6,42	18,3	13,47	47,66		
LÍMITE PLÁSTICO									
1	-	27,78	25,98	1,8	18,31	7,67	23,47		
2	-	26,36	24,89	1,47	18,52	6,37	23,08		
						<b>PROMEDIO</b>	23,27		
<b>LÍMITE LIQUIDO</b>		41,6							
<b>LÍMITE PLASTICO</b>		23,27							
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>		18,33							

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 28 GRÁFICA CONTENIDO DE HUMEDAD VS NÚMERO DE GOLPES



FUENTE: AUTORES

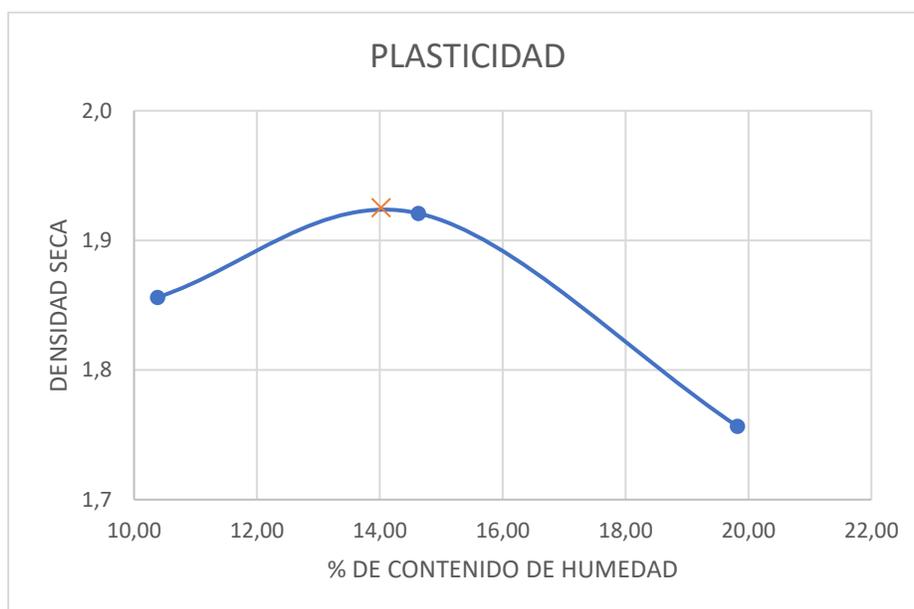
## 11.4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN

TABLA 21 RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPACTACIÓN

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DÉSPUES DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD				
	FECHA: 21 DE MAYO DEL 2019			
	NORMA INVE 142 - 13			
	LABORATORIO DE GEOTECNIA			
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES			
ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN - METODO B (5 CAPAS - 25 GOLPES)				
COMPACTACIÓN				
PRUEBA N°	UNIDADE S	M1	M2	M3
% DE HUMEDAD AÑADIDO	%	3	4	5
CONTENIDO DE HUMEDAD	ml	90	120	150
PESO DEL MOLDE	gr	4230	4230	4230
PESO DEL MOLDE + SUELO COMPACTADO	gr	6172	6317	6225
PESO DEL SUELO COMPACTADO	gr	1942	2087	1995
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	947,87	947,87	947,87
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm3	2,05	2,20	2,10
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1,856	1,921	1,757
CONTENIDO DE HUMEDAD				
PRUEBA N°	UNIDAD	M1	M2	M3
PESO DE LA CÁPSULA + SUELO HUMEDO	gr	55	72	67
PESO DE CÁPSULA + SUELO SECO	gr	51,52	65,11	58,73
PESO DE LA CÁPSULA	gr	18	18	17
PESO DEL AGUA	gr	3,48	6,89	8,27
PESO DEL SUELO SECO	gr	33,52	47,11	41,73
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	10,38	14,63	19,82
PESO INICIAL	gr	3153		
DIÁMETRO DEL MOLDE	cm	10,2		
ALTURA DEL MOLDE	cm	11,6		
<b>DENSIDAD MÁXIMA</b>	gr/cm3	1,95		
<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b>	%	14		

FUENTE: AUTORES DEL PROYECTO

ILUSTRACIÓN 29 GRÁFICA DE LA RELACIÓN HUMEDAD Y DENSIDAD SECA



FUENTE: AUTORES DEL PROYECTO

## 11.5. ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN

TABLA 22 ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 0.5 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		21/05/2019					
Ensayo:		CONSOLIDACION					
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 0,5 Kg/cm2							
				<b>Peso suelo</b>	156,2	g	
<b>tiempo (min)</b>	<b>D. vertical (mm)</b>	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	<b>altura molde</b>	20	mm	
<b>0,1</b>	0,017	0,316	0,085	<b>diámetro molde</b>	6,4	cm	
<b>0,25</b>	0,021	0,500	0,105	<b>área molde</b>	32,17	cm <sup>2</sup>	
<b>0,5</b>	0,027	0,707	0,135	<b>presión corte # 1</b>	0,5	kg/cm <sup>2</sup>	
<b>1</b>	0,034	1,000	0,170	<b>fuerza nominal</b>	16,08	kg	
<b>2</b>	0,046	1,414	0,230	<b>Densidad</b>	2,43	gr/cm <sup>3</sup>	
<b>4</b>	0,056	2,000	0,280				
<b>8</b>	0,072	2,828	0,360	<b>1.15*Raíz del tiempo</b>	punto de intersección		
<b>15</b>	0,091	3,873	0,455	0,364	0,017	x	y
<b>30</b>	0,115	5,477	0,575	0,575	0,021	6,15	0,117
<b>60</b>	0,119	7,746	0,595	0,813	0,027		
<b>120</b>	0,14	10,954	0,700	1,150	0,034		
<b>240</b>	0,15	15,492	0,750	1,626	0,046		
<b>480</b>	0,175	21,909	0,875	<b>tiempo 90 % consolidación</b>	t90	37,8	
<b>1440</b>	0,185	37,947	0,925	<b>tiempo de falla</b>	Tf	480,35	

FUENTE: AUTORES

TABLA 23 ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 1 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		22/05/2019					
Ensayo:	CONSOLIDACION						
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
				Peso suelo		156,53	g
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm
0,1	0,571	0,316	2,855	diámetro molde		6,4	cm
0,25	0,573	0,500	2,865	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>
0,5	0,582	0,707	2,910	presión corte # 1		1	kg/cm <sup>2</sup>
1	0,587	1,000	2,935	fuerza nominal		32,17	kg
2	0,591	1,414	2,955	densidad		2,43	gr/cm <sup>3</sup>
4	0,593	2,000	2,965				
8	0,596	2,828	2,980	1.15*Raiz del tiempo		punto de intersección	
15	0,605	3,873	3,025	0,364	0,571	x	y
30	0,614	5,477	3,070	0,575	0,573	11	0,632
60	0,626	7,746	3,130	0,813	0,582		
120	0,632	10,954	3,160	1,150	0,587		
240	0,621	15,492	3,105	1,626	0,591		
480	0,614	21,909	3,070	tiempo 90 % consolidación		t90	121,000
1440	0,605	37,947	3,025	tiempo de falla		Tf	1536,70

FUENTE: AUTORES

TABLA 24 ENSAYO DE CONSOLIDACION 0% - 2 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		23/05/2019					
Ensayo:		CONSOLIDACION					
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
				Peso suelo		156,74	g
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm
0,1	0,375	0,316	1,875	diámetro molde		6,4	cm
0,25	0,401	0,500	2,005	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>
0,5	0,471	0,707	2,355	presión corte # 1		2	kg/cm <sup>2</sup>
1	0,509	1,000	2,545	fuerza nominal		64,34	kg
2	0,531	1,414	2,655	densidad		2,44	gr/cm <sup>3</sup>
4	0,545	2,000	2,725				
8	0,539	2,828	2,695	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección	
15	0,546	3,873	2,730	0,364	0,375	x	y
30	0,616	5,477	3,080	0,575	0,401	1,5	0,535
60	0,672	7,746	3,360	0,813	0,471		
120	0,683	10,954	3,415	1,150	0,509		
240	0,679	15,492	3,395	1,626	0,531		
480	0,671	21,909	3,355	tiempo 90 % consolidación		t90	2,250
1440	0,665	37,947	3,325	tiempo de falla		Tf	28,58

FUENTE: AUTORES

TABLA 25 ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 0.5 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		27/05/2019					
Ensayo:	CONSOLIDACION						
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	Peso suelo		145,2	g
0,1	0,173	0,316	0,865	altura molde		20	mm
0,25	0,219	0,500	1,095	diámetro molde		6,4	cm
0,5	0,242	0,707	1,210	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>
1	0,299	1,000	1,495	presión corte # 1		0,5	kg/cm <sup>2</sup>
2	0,367	1,414	1,835	fuerza nominal		16,08	kg
4	0,423	2,000	2,115	densidad		2,26	gr/cm <sup>3</sup>
8	0,47	2,828	2,350	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección	
15	0,495	3,873	2,475	0,364	0,173	x	y
30	0,536	5,477	2,680	0,575	0,219	1,965	0,42
60	0,58	7,746	2,900	0,813	0,242		
120	0,61	10,954	3,050	1,150	0,299		
240	0,655	15,492	3,275	1,626	0,367		
480	0,714	21,909	3,570	tiempo 90 % consolidación		t90	3,861
1440	0,701	37,947	3,505	tiempo de falla		Tf	49,04

FUENTE: AUTORES

TABLA 26 ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 1 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		28/05/2019					
Ensayo:							
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS 5%				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	Peso suelo	143.1	g	
0.1	0.103	0.316	0.515	altura molde	20	mm	
0.25	0.105	0.500	0.525	diámetro molde	6.4	cm	
0.5	0.107	0.707	0.535	área molde	32.17	cm <sup>2</sup>	
1	0.109	1.000	0.545	presión corte # 1	1	kg/cm <sup>2</sup>	
2	0.11	1.414	0.550	fuerza nominal	32.17	kg	
4	0.112	2.000	0.560	densidad	2.22	gr/cm <sup>3</sup>	
8	0.116	2.828	0.580	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección	
15	0.13	3.873	0.650	0.364	0.103	x	y
30	0.146	5.477	0.730	0.575	0.105	1.6	0.1108
60	0.183	7.746	0.915	0.813	0.107		
120	0.2	10.954	1.000	1.150	0.109		
240	0.215	15.492	1.075	1.626	0.110		
480	0.208	21.909	1.040	tiempo 90 % consolidación	t90	2.560	
1440	0.205	37.947	1.025	tiempo de falla	Tf	32.51	

FUENTE: AUTORES

TABLA 27 ENSAYO DE CONSOLIDACION 5% - 2 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA															
 Universidad Pontificia Bolivariana								SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
								DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
								FECHA:		29/05/2019					
Ensayo:		CONSOLIDACION													
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13											
CONSOLIDACION 2 Kg/cm2															
				Peso suelo		149,2	g								
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm								
0,1	0,553	0,316	2,765	diámetro molde		6,4	cm								
0,25	0,584	0,500	2,920	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>								
0,5	0,61	0,707	3,050	presión corte # 1		2	kg/cm <sup>2</sup>								
1	0,673	1,000	3,365	fuerza nominal		64,34	kg								
2	0,754	1,414	3,770	densidad		2,32	gr/cm <sup>3</sup>								
4	0,739	2,000	3,695												
8	0,752	2,828	3,760	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección									
15	0,769	3,873	3,845	0,364	0,553	x	y								
30	0,783	5,477	3,915	0,575	0,584	1,65	0,7545								
60	0,82	7,746	4,100	0,813	0,610										
120	0,912	10,954	4,560	1,150	0,673										
240	0,875	15,492	4,375	1,626	0,754										
480	0,802	21,909	4,010	tiempo 90 % consolidación		t90	2,723								
1440	0,794	37,947	3,970	tiempo de falla		Tf	34,58								

FUENTE: AUTORES

TABLA 28 ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 0.5 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA															
								SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
								DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		30/05/2019													
Ensayo:		CONSOLIDACION													
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13											
CONSOLIDACION 0.5 Kg/cm2															
				Peso suelo		147,94					g				
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20					mm				
0,1	0,146	0,316	0,730	diámetro molde		6,4					cm				
0,25	0,155	0,500	0,775	área molde		32,17					cm <sup>2</sup>				
0,5	0,159	0,707	0,795	presión corte # 1		0,5					kg/cm <sup>2</sup>				
1	0,171	1,000	0,855	fuerza nominal		16,08					kg				
2	0,193	1,414	0,965	densidad		2,30					gr/cm <sup>3</sup>				
4	0,2	2,000	1,000												
8	0,209	2,828	1,045	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección									
15	0,233	3,873	1,165	0,364	0,730	x	y								
30	0,239	5,477	1,195	0,575	0,775	1,25	2,905								
60	0,248	7,746	1,240	0,813	0,795										
120	0,251	10,954	1,255	1,150	0,855										
240	0,206	15,492	1,030	1,626	0,965										
480	0,184	21,909	0,920	tiempo 90 % consolidación		t90	1,563								
1440	0,141	37,947	0,705	tiempo de falla		Tf	18,13								

FUENTE: AUTORES

TABLA 29 ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 1 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		3/06/2019					
Ensayo:		CONSOLIDACION					
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
				Peso suelo		141,18	g
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm
0,1	0,114	0,316	0,570	diámetro molde		6,4	cm
0,25	0,141	0,500	0,705	área molde		32,17	cm2
0,5	0,302	0,707	1,510	presión corte # 1		1	kg/cm2
1	0,352	1,000	1,760	fuerza nominal		32,17	kg
2	0,431	1,414	2,155	densidad		2,19	gr/cm <sup>3</sup>
4	0,465	2,000	2,325				
8	0,588	2,828	2,940	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección	
15	0,655	3,873	3,275	0,364	0,570	x	y
30	0,647	5,477	3,235	0,575	0,705	1,25	2,905
60	0,628	7,746	3,140	0,813	1,510		
120	0,614	10,954	3,070	1,150	1,760		
240	0,752	15,492	3,760	1,626	2,155		
480	0,748	21,909	3,740	tiempo 90 % consolidación		t90	1,563
1440	0,736	37,947	3,680	tiempo de falla		Tf	18,13

FUENTE: AUTORES

TABLA 30 ENSAYO DE CONSOLIDACION 10% - 2 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA															
								SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON				DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ			
								FECHA:		04/06/2019					
Ensayo:		CONSOLIDACION													
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS 10%				INV E-151 -13											
CONSOLIDACION 2 Kg/cm2															
				Peso suelo		137.75	g								
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm								
0.1	0.224	0.316	1.120	diámetro molde		6.4	cm								
0.25	0.201	0.500	1.005	área molde		32.17	cm <sup>2</sup>								
0.5	0.182	0.707	0.910	presión corte # 1		2	kg/cm <sup>2</sup>								
1	0.158	1.000	0.790	fuerza nominal		64.34	kg								
2	0.139	1.414	0.695	densidad		2.14	gr/cm <sup>3</sup>								
4	0.079	2.000	0.395												
8	0.077	2.828	0.385	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección									
15	0.041	3.873	0.205	0.364	1.120	x	y								
30	0.019	5.477	0.095	0.575	1.005	1.25	2.905								
60	0.017	7.746	0.085	0.813	0.910										
120	0.02	10.954	0.100	1.150	0.790										
240	0.025	15.492	0.125	1.626	0.695										
480	0.032	21.909	0.160	tiempo 90 % consolidación		t90	1.563								
1440	0.034	37.947	0.170	tiempo de falla		Tf	18.13								

FUENTE: AUTORES

TABLA 31 ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 0.5 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA								
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON								
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ								
FECHA:		21/05/2019						
Ensayo:		CONSOLIDACION						
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13				
CONSOLIDACION 0,5 Kg/cm2								
					Peso suelo		149,1	g
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	altura molde		20	mm	
0,1	0,046	0,316	0,230	diámetro molde		6,4	cm	
0,25	0,054	0,500	0,270	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>	
0,5	0,056	0,707	0,280	presión corte # 1		0,5	kg/cm <sup>2</sup>	
1	0,064	1,000	0,320	fuerza nominal		16,08	kg	
2	0,069	1,414	0,345	densidad		2,32	gr/cm <sup>3</sup>	
4	0,075	2,000	0,375					
8	0,075	2,828	0,375	1.15*Raíz del tiempo			punto de intersección	
15	0,075	3,873	0,375	0,364	0,230	x	y	
30	0,075	5,477	0,375	0,575	0,270	1,25	2,905	
60	0,075	7,746	0,375	0,813	0,280			
120	0,075	10,954	0,375	1,150	0,320			
240	0,082	15,492	0,410	1,626	0,345			
480	0,087	21,909	0,435	tiempo 90 % consolidación		t90	1,563	
1440	0,09	37,947	0,450	tiempo de falla		Tf	18,13	

FUENTE: AUTORES

TABLA 32 ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 1 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		21/05/2019					
Ensayo:	CONSOLIDACION						
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 1 Kg/cm2							
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	Peso suelo		151,9	g
0,1	0,315	0,316	1,575	altura molde		20	mm
0,25	0,326	0,500	1,630	diámetro molde		6,4	cm
0,5	0,331	0,707	1,655	área molde		32,17	cm <sup>2</sup>
1	0,339	1,000	1,695	presión corte # 1		1	kg/cm <sup>2</sup>
2	0,35	1,414	1,750	fuerza nominal		32,17	kg
4	0,353	2,000	1,765	densidad		2,36	gr/cm <sup>3</sup>
8	0,356	2,828	1,780	1.15*Raíz del tiempo		punto de intersección	
15	0,356	3,873	1,780	0,364	1,575	x	y
30	0,356	5,477	1,780	0,575	1,630	1,25	2,905
60	0,356	7,746	1,780	0,813	1,655		
120	0,421	10,954	2,105	1,150	1,695		
240	0,536	15,492	2,680	1,626	1,750		
480	0,647	21,909	3,235	tiempo 90 % consolidación		t90	1,563
1440	0,75	37,947	3,750	tiempo de falla		Tf	18,13

FUENTE: AUTORES

TABLA 33 ENSAYO DE CONSOLIDACION 15% - 2 KG CARGA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA							
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON							
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ							
FECHA:		21/05/2019					
Ensayo:	CONSOLIDACION						
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS				INV E-151 -13			
CONSOLIDACION 2 Kg/cm2							
tiempo (min)	D. vertical (mm)	$\sqrt{t}$	$\epsilon$ (%)	Peso suelo	147,5	g	
0,1	0,43	0,316	2,150	altura molde	20	mm	
0,25	0,44	0,500	2,200	diámetro molde	6,4	cm	
0,5	0,439	0,707	2,195	área molde	32,17	cm <sup>2</sup>	
1	0,45	1,000	2,250	presión corte # 1	2	kg/cm <sup>2</sup>	
2	0,45	1,414	2,250	fuerza nominal	64,34	kg	
4	0,45	2,000	2,250	Densidad	2,29	gr/cm <sup>3</sup>	
8	0,436	2,828	2,180	1.15*Raíz del tiempo	punto de intersección		
15	0,409	3,873	2,045	0,364	2,150	x	y
30	0,402	5,477	2,010	0,575	2,200	1,25	2,905
60	0,401	7,746	2,005	0,813	2,195		
120	0,401	10,954	2,005	1,150	2,250		
240	0,401	15,492	2,005	1,626	2,250		
480	0,4	21,909	2,000	tiempo 90 % consolidación	t90	1,563	
1440	0,4	37,947	2,000	tiempo de falla	Tf	18,13	

FUENTE: AUTORES

## 11.6. ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD)

TABLA 34 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0%-0.5KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
	FECHA:	22/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo	61,66	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>		Peso de la copa + suelo seco	52,74
<b>CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO</b>			Peso del agua	8,92	
			Contenido de humedad	20,36%	
<b>CORTE DIRECTO 0% - 0,5 Kg/cm<sup>2</sup></b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante nominal (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,000	0,000
60	0,001	0,054	19,4	6,030	0,061
120	0,008	0,11	29,8	9,263	0,094
180	0,014	0,18	39,8	12,372	0,126
240	0,018	0,249	43,2	13,429	0,137
300	0,023	0,333	49,2	15,294	0,156
360	0,029	0,392	53,9	16,755	0,171
420	0,038	0,485	57,6	17,905	0,183
480	0,043	0,553	61	18,962	0,193
540	0,046	0,625	65,3	20,298	0,207
600	0,049	0,695	68	21,138	0,216
660	0,042	0,767	69,3	21,542	0,220
720	0,02	0,844	69,3	21,542	0,220
780	0,018	0,917	68	21,138	0,216
840	0,014	0,998	65	20,205	0,206
900	0,01	1,081	62,6	19,459	0,198
960	0,006	1,165	59,6	18,527	0,189
1020	0,009	1,252	56,9	17,687	0,180

FUENTE: AUTORES

TABLA 35 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0% - 1KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
 Universidad Pontificia Bolivariana	FECHA:	29/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	72	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>	Peso de la copa + suelo seco (gr)	62,25	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	9,75	
			Contenido de humedad %	18,57%	
<b>CORTE DIRECTO 0% - 1 Kg/cm2</b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,00	0,000
60	0,001	0,059	17,7	5,50	0,056
120	0,002	0,128	28,8	8,95	0,091
180	0,002	0,198	36,5	11,35	0,116
240	0,002	0,273	42,9	13,34	0,136
300	0,003	0,337	48,6	15,11	0,154
360	0,003	0,442	54,3	16,88	0,172
420	0,004	0,506	59,6	18,53	0,189
480	0,004	0,568	62,3	19,37	0,197
540	0,004	0,64	67,6	21,01	0,214
600	0,005	0,71	71,7	22,29	0,227
660	0,009	0,784	74,3	23,10	0,236
720	0,009	0,853	77,4	24,06	0,245
780	0,008	0,932	78,4	24,37	0,249
840	0,008	1,011	80	24,87	0,254
900	0,007	1,087	80,4	24,99	0,255
960	0,007	1,164	79,7	24,77	0,253
1020	0,007	1,251	79,4	24,68	0,252
1080	0,008	1,334	78	24,25	0,247
1140	0,007	1,412	77	23,94	0,244
1200	0,007	1,5	75,4	23,44	0,239

FUENTE: AUTORES

TABLA 36 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 0% - 2KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON					
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ					
	FECHA:	30/05/2019		Peso de la copa + suelo humedo (gr)	60,55
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>		Peso de la copa + suelo seco (gr)	53,42
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>				Peso del agua (gr)	7,13
				Contenido de humedad %	15,40%
<b>CORTE DIRECTO 0% - 2 Kg/cm2</b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
<b>tiempo (seg)</b>	<b>D. vertical (mm)</b>	<b>D. horizontal (mm)</b>	<b>carga (N)</b>	<b>E. cortante (Kpa)</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0,013	0,062	23,8	7,40	0,0754
120	0,019	0,124	34,5	10,72	0,1094
180	0,024	0,194	44,2	13,74	0,1401
240	0,029	0,263	51,9	16,13	0,1645
300	0,031	0,338	60,3	18,74	0,1911
360	0,032	0,409	67	20,83	0,2124
420	0,037	0,491	73,3	22,79	0,2323
480	0,044	0,596	78,7	24,46	0,2495
540	0,045	0,642	83,4	25,92	0,2644
600	0,046	0,722	88,1	27,39	0,2793
660	0,045	0,79	91,4	28,41	0,2897
720	0,046	0,857	94,4	29,34	0,2992
780	0,048	0,938	97,8	30,40	0,3100
840	0,047	1,004	99,5	30,93	0,3154
900	0,033	1,085	101,8	31,64	0,3227
960	0,039	1,166	101,8	31,64	0,3227
1020	0,046	1,237	102,8	31,96	0,3259
1080	0,05	1,32	103,8	32,27	0,3290
1140	0,05	1,408	104,2	32,39	0,3303
1200	0,051	1,483	104,5	32,48	0,3312
1260	0,05	1,569	103,5	32,17	0,3281
1320	0,05	1,652	102,8	31,96	0,3259
1380	0,05	1,732	101,8	31,64	0,3227
1440	0,05	1,81	100,1	31,12	0,3173
1500	0,049	1,895	98,1	30,49	0,3110

FUENTE: AUTORES

TABLA 37 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 0.5KG

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA					
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON					
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ					
	FECHA:	23/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	62,35	
	Ensayo:	INV E-154 -07	Peso de la copa + suelo seco (gr)	54,78	
CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO			Peso del agua (gr)	7,57	
			Contenido de humedad %	16,03%	
CORTE DIRECTO 5% - 1 Kg/cm2				VEL CORTE	
				0,08 mm/min	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0,001	0,066	20,1	6,25	0,0637
120	0,001	0,136	33,2	10,32	0,1052
180	0,001	0,211	45,2	14,05	0,1433
240	0,001	0,288	54,3	16,88	0,1721
300	0,002	0,358	62,6	19,46	0,1984
360	0,002	0,431	70,3	21,85	0,2228
420	0,003	0,503	76,7	23,84	0,2431
480	0,003	0,571	82,4	25,61	0,2612
540	0,002	0,648	88,4	27,48	0,2802
600	0,003	0,726	93,8	29,16	0,2973
660	0,005	0,803	97,8	30,40	0,3100
720	0,007	0,882	101,8	31,64	0,3227
780	0,008	0,965	102,8	31,96	0,3259
840	0,008	1,047	104,5	32,48	0,3312
900	0,011	1,127	103,8	32,27	0,3290
960	0,017	1,211	105,2	32,70	0,3335
1020	0,021	1,289	105,8	32,89	0,3354
1080	0,023	1,373	105,8	32,89	0,3354
1140	0,025	1,459	104,8	32,58	0,3322
1200	0,028	1,573	104,2	32,39	0,3303
1260	0,03	1,617	100,5	31,24	0,3186
1320	0,03	1,705	97,8	30,40	0,3100
1380	0,034	1,798	94,8	29,47	0,3005
1440	0,035	1,882	90,8	28,23	0,2878
1500	0,036	1,967	86,7	26,95	0,2748
1560	0,038	2,057	83,1	25,83	0,2634
1620	0,043	2,136	79,7	24,77	0,2526
1680	0,048	2,221	76,4	23,75	0,2422
1740	0,055	2,307	73,7	22,91	0,2336
1800	0,061	2,396	71,3	22,16	0,2260

FUENTE: AUTORES

TABLA 38 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 1 KG

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA					
SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON					
DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ					
	FECHA:	29/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	72	
<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>		Peso de la copa + suelo seco (gr)	62.25	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	9.75	
			Contenido de humedad %	18.57 %	
<b>CORTE DIRECTO 5% - 1 Kg/cm2</b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0.0	0.00	0.000
60	0.001	0.059	17.7	5.50	0.056
120	0.002	0.128	28.8	8.95	0.091
180	0.002	0.198	36.5	11.35	0.116
240	0.002	0.273	42.9	13.34	0.136
300	0.003	0.337	48.6	15.11	0.154
360	0.003	0.442	54.3	16.88	0.172
420	0.004	0.506	59.6	18.53	0.189
480	0.004	0.568	62.3	19.37	0.197
540	0.004	0.64	67.6	21.01	0.214
600	0.005	0.71	71.7	22.29	0.227
660	0.009	0.784	74.3	23.10	0.236
720	0.009	0.853	77.4	24.06	0.245
780	0.008	0.932	78.4	24.37	0.249
840	0.008	1.011	80	24.87	0.254
900	0.007	1.087	80.4	24.99	0.255
960	0.007	1.164	79.7	24.77	0.253
1020	0.007	1.251	79.4	24.68	0.252
1080	0.008	1.334	78	24.25	0.247
1140	0.007	1.412	77	23.94	0.244
1200	0.007	1.5	75.4	23.44	0.239

FUENTE: AUTORES

TABLA 39 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 5% - 2 KG

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA					
 Universidad Pontificia Bolivariana	SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON				
	DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ				
	FECHA:	24/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)		67,97
Ensayo:	INV E-154 -07		Peso de la copa + suelo seco (gr)		57,88
CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS			Peso del agua (gr)		10,09
			Contenido de humedad %		21,11%
CORTE DIRECTO 5% - 2 Kg/cm <sup>2</sup>				VEL CORTE	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	0,08 mm/min	
				E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0,001	0,048	29,5	9,17	0,0935
120	0,005	0,121	42,2	13,12	0,1338
180	0,003	0,191	51,2	15,92	0,1623
240	0,002	0,274	57,9	18,00	0,1835
300	0	0,353	66	20,52	0,2092
360	0	0,431	72,7	22,60	0,2304
420	0,005	0,502	78,4	24,37	0,2485
480	0,007	0,579	83,4	25,92	0,2644
540	0,01	0,652	88,4	27,48	0,2802
600	0,017	0,736	93,1	28,94	0,2951
660	0,067	0,812	96,1	29,87	0,3046
720	0,088	0,892	100,1	31,12	0,3173
780	0,099	0,97	103,1	32,05	0,3268
840	0,108	1,056	105,8	32,89	0,3354
900	0,111	1,141	108,2	33,63	0,3430
960	0,112	1,228	109,8	34,13	0,3480
1020	0,115	1,307	111,5	34,66	0,3534
1080	0,113	1,385	112,5	34,97	0,3566
1140	0,111	1,476	113,2	35,19	0,3588
1200	0,111	1,557	113,9	35,41	0,3610
1260	0,105	1,648	114,5	35,59	0,3629
1320	0,104	1,729	114,5	35,59	0,3629
1380	0,102	1,813	114,2	35,50	0,3620
1440	0,094	1,899	113,5	35,28	0,3598
1500	0,096	1,995	112,5	34,97	0,3566
1560	0,097	2,084	110,2	34,26	0,3493
1620	0,098	2,175	108,2	33,63	0,3430
1680	0,098	2,257	106,8	33,20	0,3385
1740	0,098	2,344	104,8	32,58	0,3322
1800	0,05	2,436	102,1	31,74	0,3236

FUENTE: AUTORES

TABLA 40 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -0.5 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
	FECHA:	31/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	67.5	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>	Peso de la copa + suelo seco (gr)	59.3	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	8.2	
			Contenido de humedad %	16.05%	
<b>CORTE DIRECTO 10% - 0,5 Kg/cm2</b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0.0	0.00	0.0000
60	0.002	0.043	16.4	5.10	0.0520
120	0.003	0.106	20.4	6.34	0.0647
180	0.003	0.17	23.4	7.27	0.0742
240	0.004	0.244	25.8	8.02	0.0818
300	0.005	0.317	27.5	8.55	0.0872
360	0.005	0.405	28.8	8.95	0.0913
420	0.006	0.474	29.8	9.26	0.0945
480	0.006	0.577	30.8	9.57	0.0976
540	0.006	0.637	31.5	9.79	0.0998
600	0.006	0.72	33.2	10.32	0.1052
660	0.006	0.798	34.5	10.72	0.1094
720	0.006	0.87	36.2	11.25	0.1147
780	0.005	0.945	37.8	11.75	0.1198
840	0.005	1.038	40.5	12.59	0.1284
900	0.005	1.09	41.5	12.90	0.1315
960	0.005	1.171	43.9	13.65	0.1392
1020	0.005	1.248	45.5	14.14	0.1442
1080	0.005	1.335	47.2	14.67	0.1496
1140	0.006	1.414	48.9	15.20	0.1550
1200	0.007	1.495	50.6	15.73	0.1604
1260	0.008	1.596	52.9	16.44	0.1677
1320	0.008	1.66	54.6	16.97	0.1731
1380	0.01	1.743	56.6	17.59	0.1794
1440	0.011	1.82	58.3	18.12	0.1848
1500	0.014	1.907	60.6	18.84	0.1921
1560	0.014	1.991	62	19.27	0.1965
1620	0.015	2.063	63.3	19.68	0.2006

<b>1680</b>	0.017	2.165	65.6	20.39	0.2079
<b>1740</b>	0.018	2.235	67.3	20.92	0.2133
<b>1800</b>	0.02	2.31	69	21.45	0.2187
<b>1860</b>	0.024	2.397	70.3	21.85	0.2228
<b>1920</b>	0.024	2.474	71.3	22.16	0.2260
<b>1980</b>	0.025	2.562	72.7	22.60	0.2304
<b>2040</b>	0.026	2.637	73.7	22.91	0.2336
<b>2100</b>	0.021	2.718	75	23.31	0.2377
<b>2160</b>	0.023	2.811	76.4	23.75	0.2422
<b>2220</b>	0.031	2.881	77.4	24.06	0.2453
<b>2280</b>	0.033	2.977	78.4	24.37	0.2485
<b>2340</b>	0.018	3.059	79.4	24.68	0.2517
<b>2400</b>	0.008	3.14	80	24.87	0.2536
<b>2460</b>	0.005	3.224	80.7	25.09	0.2558
<b>2520</b>	0.005	3.3	81	25.18	0.2568
<b>2580</b>	0.005	3.383	81.7	25.40	0.2590
<b>2640</b>	0.012	3.464	81.7	25.40	0.2590
<b>2700</b>	0.028	3.549	82.4	25.61	0.2612
<b>2760</b>	0.029	3.634	82	25.49	0.2599
<b>2820</b>	0.057	3.727	82	25.49	0.2599
<b>2880</b>	0.068	3.806	81.7	25.40	0.2590
<b>2940</b>	0.076	3.894	81.4	25.30	0.2580
<b>3000</b>	0.088	3.972	81	25.18	0.2568
<b>3060</b>	0.093	4.051	80.7	25.09	0.2558
<b>3120</b>	0.096	4.136	80	24.87	0.2536

FUENTE: AUTORES

TABLA 41 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -1 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
	FECHA:	04/06/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	80.77	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>	Peso de la copa + suelo seco (gr)	69.32	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	11.45	
			Contenido de humedad %	19.79%	
<b>CORTE DIRECTO 10% - 1 Kg/cm<sup>2</sup></b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0.0	0.00	0.0000
60	0.013	0.066	7.4	2.30	0.0235
120	0.241	0.133	13.7	4.26	0.0434
180	0.23	0.2	17.4	5.41	0.0552
240	0.224	0.272	21.8	6.78	0.0691
300	0.22	0.339	25.8	8.02	0.0818
360	0.217	0.416	24.8	7.71	0.0786
420	0.212	0.492	33.5	10.41	0.1062
480	0.209	0.573	37.2	11.56	0.1179
540	0.208	0.649	40.5	12.59	0.1284
600	0.206	0.736	45.5	14.14	0.1442
660	0.205	0.797	46.6	14.49	0.1477
720	0.205	0.867	50.2	15.60	0.1591
780	0.205	0.941	52.6	16.35	0.1667
840	0.204	1.012	55.6	17.28	0.1762
900	0.204	1.089	58.3	18.12	0.1848
960	0.204	1.165	60.6	18.84	0.1921
1020	0.203	1.245	63.3	19.68	0.2006
1080	0.075	1.327	66	20.52	0.2092
1140	0.087	1.407	68.3	21.23	0.2165
1200	0.088	1.488	71.7	22.29	0.2273
1260	0.089	1.567	74.3	23.10	0.2355
1320	0.089	1.647	77.4	24.06	0.2453
1380	0.09	1.73	79.4	24.68	0.2517
1440	0.09	1.803	81.7	25.40	0.2590
1500	0.09	1.884	84.1	26.14	0.2666
1560	0.091	1.964	86.4	26.86	0.2739
1620	0.091	2.056	88.1	27.39	0.2793

<b>1680</b>	0.092	2.137	90.1	28.01	0.2856
<b>1740</b>	0.093	2.222	91.8	28.54	0.2910
<b>1800</b>	0.093	2.302	93.8	29.16	0.2973
<b>1860</b>	0.093	2.384	95.4	29.66	0.3024
<b>1920</b>	0.094	2.468	97.1	30.18	0.3078
<b>1980</b>	0.096	2.545	98.5	30.62	0.3122
<b>2040</b>	0.093	2.628	99.8	31.02	0.3163
<b>2100</b>	0.089	2.711	101.5	31.55	0.3217
<b>2160</b>	0.084	2.795	102.8	31.96	0.3259
<b>2220</b>	0.083	2.878	104.2	32.39	0.3303
<b>2280</b>	0.081	2.967	104.8	32.58	0.3322
<b>2340</b>	0.075	3.053	106.2	33.01	0.3366
<b>2400</b>	0.077	3.134	106.8	33.20	0.3385
<b>2460</b>	0.07	3.216	107.5	33.42	0.3408
<b>2520</b>	0.066	3.295	108.5	33.73	0.3439
<b>2580</b>	0.058	3.378	108.8	33.82	0.3449
<b>2640</b>	0.052	3.46	109.8	34.13	0.3480
<b>2700</b>	0.049	3.546	110.2	34.26	0.3493
<b>2760</b>	0.048	3.636	110.5	34.35	0.3503
<b>2820</b>	0.041	3.732	110.8	34.44	0.3512
<b>2880</b>	0.037	3.802	110.8	34.44	0.3512
<b>2940</b>	0.028	3.892	110.8	34.44	0.3512
<b>3000</b>	0.025	3.976	110.8	34.44	0.3512
<b>3060</b>	0.022	4.053	110.5	34.35	0.3503
<b>3120</b>	0.017	4.137	110.5	34.35	0.3503
<b>3180</b>	0.015	4.129	110.2	34.26	0.3493
<b>3240</b>	0.013	4.301	110.2	34.26	0.3493
<b>3300</b>	0.011	4.395	109.8	34.13	0.3480
<b>3360</b>	0.008	4.482	109.2	33.94	0.3461
<b>3420</b>	0.006	4.563	108.8	33.82	0.3449
<b>3480</b>	0	4.658	108.2	33.63	0.3430
<b>3540</b>	0.01	4.746	107.8	33.51	0.3417
<b>3600</b>	0.026	4.829	106.8	33.20	0.3385

FUENTE: AUTORES

TABLA 42 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 10% -2 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
	FECHA:	05/06/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	64.6	
<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>		Peso de la copa + suelo seco (gr)	55.89	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	8.71	
			Contenido de humedad %	18.46%	
<b>CORTE DIRECTO 10% - 2 Kg/cm<sup>2</sup></b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0.0	0.00	0.0000
60	0.006	0.071	7.7	2.39	0.0244
120	0.014	0.124	26.8	8.33	0.0850
180	0.026	0.1922	36.8	11.44	0.1166
240	0.044	0.263	43.5	13.52	0.1379
300	0.056	0.337	51.2	15.92	0.1623
360	0.065	0.401	56.6	17.59	0.1794
420	0.075	0.484	62.6	19.46	0.1984
480	0.083	0.566	69	21.45	0.2187
540	0.088	0.642	74	23.00	0.2346
600	0.091	0.714	78.7	24.46	0.2495
660	0.095	0.791	85.4	26.55	0.2707
720	0.098	0.863	87.7	27.26	0.2780
780	0.102	0.936	92.1	28.63	0.2919
840	0.11	1.017	96.1	29.87	0.3046
900	0.11	1.095	99.2	30.84	0.3144
960	0.11	1.174	103.8	32.27	0.3290
1020	0.112	1.25	107.5	33.42	0.3408
1080	0.117	1.335	110.5	34.35	0.3503
1140	0.118	1.417	113.5	35.28	0.3598
1200	0.118	1.495	116.9	36.34	0.3705
1260	0.118	1.577	119.6	37.18	0.3791
1320	0.118	1.655	122.6	38.11	0.3886
1380	0.118	1.735	125.3	38.95	0.3972
1440	0.118	1.813	127.9	39.76	0.4054
1500	0.118	1.892	130.3	40.50	0.4130
1560	0.118	1.977	130.6	40.60	0.4140
1620	0.118	2.06	135	41.96	0.4279
1680	0.118	2.147	137.3	42.68	0.4352

<b>1740</b>	0.119	2.227	139.7	43.43	0.4428
<b>1800</b>	0.119	2.315	141.7	44.05	0.4492
<b>1860</b>	0.119	2.392	143.7	44.67	0.4555
<b>1920</b>	0.119	2.473	145.7	45.29	0.4618
<b>1980</b>	0.119	2.55	147.4	45.82	0.4672
<b>2040</b>	0.119	2.635	148.3	46.10	0.4701
<b>2100</b>	0.119	2.721	150	46.63	0.4755
<b>2160</b>	0.119	2.802	151	46.94	0.4786
<b>2220</b>	0.12	2.89	152.4	47.37	0.4831
<b>2280</b>	0.358	2.975	153.4	47.68	0.4862
<b>2340</b>	0.429	3.055	154.1	47.90	0.4885
<b>2400</b>	0.453	3.14	155.1	48.21	0.4916
<b>2460</b>	0.458	3.215	155.4	48.31	0.4926
<b>2520</b>	0.46	3.295	155.7	48.40	0.4935
<b>2580</b>	0.462	3.337	156.1	48.52	0.4948
<b>2640</b>	0.462	3.461	156.4	48.62	0.4958
<b>2700</b>	0.462	3.547	156.4	48.62	0.4958
<b>2760</b>	0.463	3.641	156.7	48.71	0.4967
<b>2820</b>	0.461	3.718	156.7	48.71	0.4967
<b>2880</b>	0.461	3.805	156.7	48.71	0.4967
<b>2940</b>	0.462	3.886	156.7	48.71	0.4967
<b>3000</b>	0.46	3.969	156.4	48.62	0.4958
<b>3060</b>	0.46	4.05	156.1	48.52	0.4948
<b>3120</b>	0.46	4.132	155.7	48.40	0.4935
<b>3180</b>	0.462	4.225	155.4	48.31	0.4926
<b>3240</b>	0.468	4.299	154.7	48.09	0.4904
<b>3300</b>	0.469	4.39	154.4	48.00	0.4894
<b>3360</b>	0.472	4.482	154.4	48.00	0.4894
<b>3420</b>	0.471	4.567	154.1	47.90	0.4885
<b>3480</b>	0.471	4.653	153.7	47.78	0.4872
<b>3540</b>	0.471	4.739	153.4	47.68	0.4862
<b>3600</b>	0.469	4.823	153.1	47.59	0.4853

FUENTE: AUTORES

TABLA 43 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -0.5 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
 Universidad Pontificia Bolivariana	FECHA:	21/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	65,9	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>	Peso de la copa + suelo seco (gr)	56,8	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	9,1	
			Contenido de humedad %	19,08%	
<b>CORTE DIRECTO 15% - 0,5 Kg/cm2</b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0	0,079	12,4	3,85	0,0393
120	0	0,133	27,8	8,64	0,0881
180	0,003	0,192	35,8	11,13	0,1135
240	0,007	0,257	40,9	12,71	0,1296
300	0,007	0,327	44,9	13,96	0,1423
360	0,007	0,398	47,6	14,80	0,1509
420	0,007	0,475	49,9	15,51	0,1582
480	0,007	0,552	52,9	16,44	0,1677
540	0,007	0,628	55,6	17,28	0,1762
600	0,007	0,7	57,9	18,00	0,1835
660	0,007	0,779	60,3	18,74	0,1911
720	0,007	0,849	63,3	19,68	0,2006
780	0,008	0,927	65,6	20,39	0,2079
840	0,285	1,008	69,7	21,67	0,2209
900	0,37	1,086	72,3	22,47	0,2292
960	0,382	1,17	75	23,31	0,2377
1020	0,389	1,248	77,4	24,06	0,2453
1080	0,388	1,338	80	24,87	0,2536
1140	0,388	1,422	82	25,49	0,2599
1200	0,388	1,5	83,4	25,92	0,2644
1260	0,392	1,588	84,7	26,33	0,2685
1320	0,39	1,667	86,4	26,86	0,2739
1380	0,379	1,751	87,4	27,17	0,2770
1440	0,373	1,834	88,4	27,48	0,2802
1500	0,37	1,914	89,4	27,79	0,2834
1560	0,361	2,003	90,4	28,10	0,2865
1620	0,363	2,091	91,1	28,32	0,2888

1680	0,365	2,174	91,4	28,41	0,2897
1740	0,358	2,258	90,4	28,10	0,2865
1800	0,356	2,338	92,1	28,63	0,2919
1860	0,356	2,421	93,4	29,03	0,2961
1920	0,335	2,505	94,4	29,34	0,2992
1980	0,314	2,582	95,4	29,66	0,3024
2040	0,302	2,664	96,4	29,97	0,3056
2100	0,288	2,744	97,8	30,40	0,3100
2160	0,28	2,829	98,1	30,49	0,3110
2220	0,259	2,917	98,8	30,71	0,3132
2280	0,244	3,005	99,8	31,02	0,3163
2340	0,249	3,092	100,5	31,24	0,3186
2400	0,25	3,171	100,5	31,24	0,3186
2460	0,236	3,256	100,5	31,24	0,3186
2520	0,232	3,342	100,5	31,24	0,3186
2580	0,188	3,42	100,8	31,33	0,3195
2640	0,173	3,508	101,1	31,43	0,3205
2700	0,171	3,591	101,1	31,43	0,3205
2760	0,159	3,676	101,5	31,55	0,3217
2820	0,155	3,762	101,5	31,55	0,3217
2880	0,143	3,842	101,8	31,64	0,3227
2940	0,133	3,931	102,1	31,74	0,3236
3000	0,137	4,01	102,5	31,86	0,3249
3060	0,114	4,095	102,1	31,74	0,3236
3120	0,087	4,191	102,1	31,74	0,3236
3180	0,079	4,263	101,8	31,64	0,3227
3240	0,064	4,357	102,1	31,74	0,3236
3300	0,059	4,444	101,8	31,64	0,3227
3360	0,081	4,524	101,8	31,64	0,3227
3420	0,093	4,615	101,5	31,55	0,3217
3480	0,079	4,706	101,1	31,43	0,3205
3540	0,072	4,787	100,5	31,24	0,3186
3600	0,051	4,874	99,6	30,96	0,3157
3660	0,007	4,951	98,8	30,71	0,3132
3720	0,011	5,047	97,8	30,40	0,3100
3780	0,025	5,139	97,1	30,18	0,3078
3840	0,037	5,239	96,1	29,87	0,3046
3900	0,058	5,324	95,4	29,66	0,3024
3960	0,064	5,415	94,8	29,47	0,3005
4020	0,06	5,509	94,1	29,25	0,2983
4080	0,076	5,591	93,8	29,16	0,2973

<b>4140</b>	0,082	5,681	93,1	28,94	0,2951
<b>4200</b>	0,082	5,769	92,1	28,63	0,2919
<b>4260</b>	0,087	5,856	91,8	28,54	0,2910
<b>4320</b>	0,09	5,941	91,1	28,32	0,2888
<b>4380</b>	0,093	6,023	90,1	28,01	0,2856
<b>4440</b>	0,094	6,119	89,4	27,79	0,2834
<b>4500</b>	0,073	6,209	88,7	27,57	0,2812
<b>4560</b>	0,053	6,301	88,4	27,48	0,2802
<b>4620</b>	0,055	6,412	87,1	27,07	0,2761
<b>4680</b>	0,055	6,487	86,7	26,95	0,2748
<b>4740</b>	0,056	6,561	86,1	26,76	0,2729
<b>4800</b>	0,054	6,647	85,1	26,45	0,2697

FUENTE: AUTORES

TABLA 44 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -1 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
 Universidad Pontificia Bolivariana	FECHA:	21/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	60,6	
<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>		Peso de la copa + suelo seco (gr)	51,7	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>					
			Peso del agua (gr)	8,9	
			Contenido de humedad %	20,79%	
<b>CORTE DIRECTO 15% - 1 Kg/cm<sup>2</sup></b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
<b>tiempo (seg)</b>	<b>D. vertical (mm)</b>	<b>D. horizontal (mm)</b>	<b>carga (N)</b>	<b>E. cortante (Kpa)</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0,216	0,071	18,8	5,84	0,0596
120	0,005	0,134	28,8	8,95	0,0913
180	0,006	0,219	33,8	10,51	0,1071
240	0,005	0,294	37,5	11,66	0,1189
300	0,003	0,368	40,9	12,71	0,1296
360	0,001	0,447	44,5	13,83	0,1411
420	0	0,517	47,2	14,67	0,1496
480	0,001	0,596	47,6	14,80	0,1509
540	0,002	0,671	49,9	15,51	0,1582
600	0,003	0,75	52,2	16,23	0,1655
660	0,003	0,836	53,8	16,72	0,1705
720	0,003	0,906	54,3	16,88	0,1721
780	0,003	0,986	57,3	17,81	0,1816
840	0	1,067	60,6	18,84	0,1921
900	0,005	1,138	62,6	19,46	0,1984
960	0,003	1,213	64,3	19,99	0,2038
1020	0,001	1,285	67	20,83	0,2124
1080	0,004	1,35	68,7	21,36	0,2178
1140	0,021	1,429	69,7	21,67	0,2209
1200	0,032	1,502	71	22,07	0,2251
1260	0,046	1,579	73,3	22,79	0,2323
1320	0,071	1,656	75,7	23,53	0,2400
1380	0,11	1,736	78,7	24,46	0,2495
1440	0,113	1,814	81	25,18	0,2568
1500	0,126	1,898	82,7	25,71	0,2621
1560	0,131	1,981	84,1	26,14	0,2666
1620	0,105	2,071	84,3	26,20	0,2672
1680	0,09	2,142	84,4	26,24	0,2675
1740	0,076	2,22	87,1	27,07	0,2761
1800	0,074	2,298	90,1	28,01	0,2856
1860	0,095	2,385	93,1	28,94	0,2951
1920	0,096	2,451	94,4	29,34	0,2992

1980	0,133	2,541	96,4	29,97	0,3056
2040	0,142	2,614	97,8	30,40	0,3100
2100	0,149	2,696	100,1	31,12	0,3173
2160	0,171	2,781	101,8	31,64	0,3227
2220	0,18	2,869	103,5	32,17	0,3281
2280	0,193	2,936	105,5	32,79	0,3344
2340	0,199	3,015	107,2	33,32	0,3398
2400	0,206	3,091	108,5	33,73	0,3439
2460	0,206	3,174	110,2	34,26	0,3493
2520	0,214	3,249	111,5	34,66	0,3534
2580	0,226	3,335	113,2	35,19	0,3588
2640	0,24	3,416	114,2	35,50	0,3620
2700	0,249	3,499	115,2	35,81	0,3652
2760	0,256	3,577	117,2	36,43	0,3715
2820	0,301	3,66	117,9	36,65	0,3737
2880	0,317	3,742	119,2	37,05	0,3778
2940	0,322	3,822	120,3	37,40	0,3813
3000	0,328	3,902	121,9	37,89	0,3864
3060	0,329	3,986	122,6	38,11	0,3886
3120	0,327	4,068	123,6	38,42	0,3918
3180	0,338	4,153	124,9	38,83	0,3959
3240	0,351	4,237	126,3	39,26	0,4003
3300	0,351	4,32	127,3	39,57	0,4035
3360	0,373	4,407	127,9	39,76	0,4054
3420	0,373	4,487	127,9	39,76	0,4054
3480	0,388	4,591	127,9	39,76	0,4054
3540	0,404	4,654	127,6	39,66	0,4045
3600	0,402	4,731	127,3	39,57	0,4035
3660	0,41	4,819	126,6	39,35	0,4013
3720	0,414	4,91	125,9	39,14	0,3991
3780	0,414	5,002	125,6	39,04	0,3981
3840	0,436	5,093	124,9	38,83	0,3959
3900	0,446	5,177	124,6	38,73	0,3950
3960	0,447	5,267	123,9	38,51	0,3927
4020	0,448	5,351	122,6	38,11	0,3886
4080	0,457	5,445	121,6	37,80	0,3854
4140	0,481	5,517	120,2	37,36	0,3810
4200	0,485	5,611	119,2	37,05	0,3778
4260	0,496	5,701	118,2	36,74	0,3747
4320	0,505	5,795	117,2	36,43	0,3715
4380	0,511	5,884	116,2	36,12	0,3683
4440	0,519	5,972	115,2	35,81	0,3652
4500	0,53	6,065	114,5	35,59	0,3629

FUENTE: AUTORES

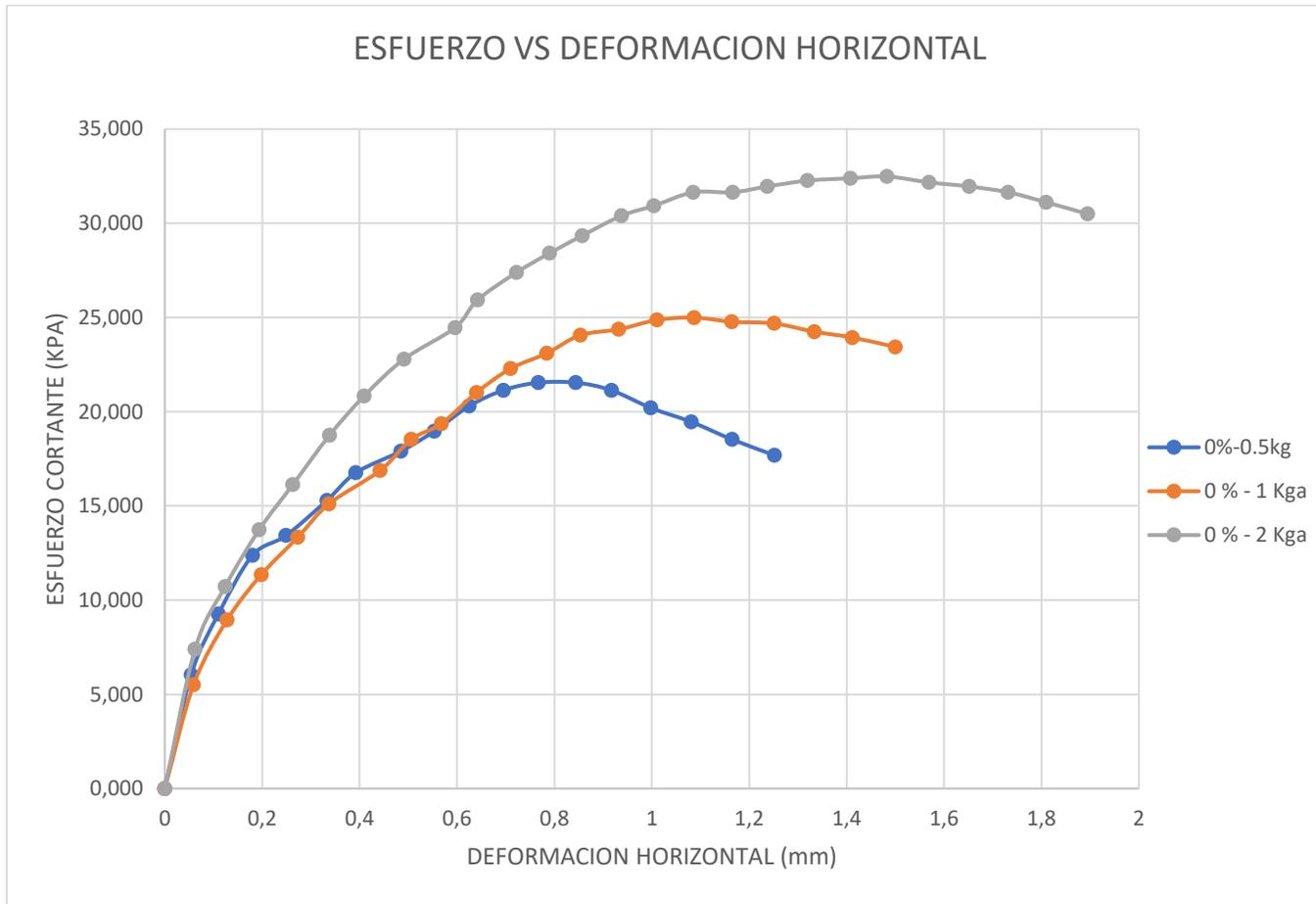
TABLA 45 ENSAYO DE CORTE DIRECTO CONSOLIDADO DRENADO (CD) 15% -2 KG

<b>UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA - LABORATORIO DE GEOTECNIA</b>					
<b>SUSAN GERIANE CÉSPEDES CALDERON</b>					
<b>DANIEL JOSÉ REYES RODRÍGUEZ</b>					
 Universidad Pontificia Bolivariana	FECHA:	21/05/2019	Peso de la copa + suelo húmedo (gr)	70,3	
	<b>Ensayo:</b>	<b>INV E-154 -07</b>	Peso de la copa + suelo seco (gr)	61	
<b>CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL DE SUELOS</b>			Peso del agua (gr)	9,3	
			Contenido de humedad %	17,99%	
<b>CORTE DIRECTO 15% - 2 Kg/cm<sup>2</sup></b>				<b>VEL CORTE</b>	
				<b>0,08 mm/min</b>	
tiempo (seg)	D. vertical (mm)	D. horizontal (mm)	carga (N)	E. cortante (Kpa)	Kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0,0	0,00	0,0000
60	0,289	0,075	1	0,31	0,0032
120	0,299	0,138	19,4	6,03	0,0615
180	0,279	0,208	28,8	8,95	0,0913
240	0,267	0,28	38,2	11,87	0,1211
300	0,258	0,353	47,9	14,89	0,1518
360	0,106	0,423	54,9	17,07	0,1740
420	0,107	0,51	65	20,21	0,2060
480	0,088	0,576	70,3	21,85	0,2228
540	0,086	0,655	76,4	23,75	0,2422
600	0,113	0,729	82,7	25,71	0,2621
660	0,131	0,8	89,1	27,70	0,2824
720	0,147	0,87	95,1	29,56	0,3014
780	0,151	0,943	100,5	31,24	0,3186
840	0,155	1,013	105,5	32,79	0,3344
900	0,164	1,086	111,2	34,57	0,3525
960	0,168	1,16	115,5	35,90	0,3661
1020	0,164	1,235	119,6	37,18	0,3791
1080	0,161	1,313	123,2	38,30	0,3905
1140	0,187	1,389	126,6	39,35	0,4013
1200	0,179	1,471	130,3	40,50	0,4130
1260	0,177	1,541	133,6	41,53	0,4235
1320	0,178	1,625	136,6	42,46	0,4330
1380	0,185	1,701	140	43,52	0,4438
1440	0,196	1,719	143,3	44,54	0,4542
1500	0,207	1,847	146,7	45,60	0,4650
1560	0,208	1,921	148,7	46,22	0,4713
1620	0,21	1,999	151	46,94	0,4786
1680	0,212	2,077	153	47,56	0,4850
1740	0,214	2,162	154,4	48,00	0,4894
1800	0,215	2,243	157,4	48,93	0,4989
1860	0,219	2,323	159,1	49,46	0,5043
1920	0,221	2,407	160,7	49,95	0,5094

<b>1980</b>	0,222	2,483	162,1	50,39	0,5138
<b>2040</b>	0,222	2,57	163,1	50,70	0,5170
<b>2100</b>	0,224	2,647	164,1	51,01	0,5202
<b>2160</b>	0,228	2,731	164,8	51,23	0,5224
<b>2220</b>	0,23	2,809	165,8	51,54	0,5256
<b>2280</b>	0,231	2,89	166,4	51,73	0,5275
<b>2340</b>	0,235	2,975	166,8	51,85	0,5287
<b>2400</b>	0,236	3,06	165,8	51,54	0,5256
<b>2460</b>	0,235	3,144	165,1	51,32	0,5233
<b>2520</b>	0,236	3,224	164,8	51,23	0,5224
<b>2580</b>	0,232	3,303	164,4	51,10	0,5211
<b>2640</b>	0,23	3,387	163,8	50,92	0,5192
<b>2700</b>	0,0229	3,472	163,3	50,76	0,5176
<b>2760</b>	0,221	3,556	161,8	50,30	0,5129
<b>2820</b>	0,22	3,642	160,7	49,95	0,5094
<b>2880</b>	0,219	3,723	159,7	49,64	0,5062
<b>2940</b>	0,215	3,813	158,1	49,15	0,5011
<b>3000</b>	0,214	3,899	157,4	48,93	0,4989

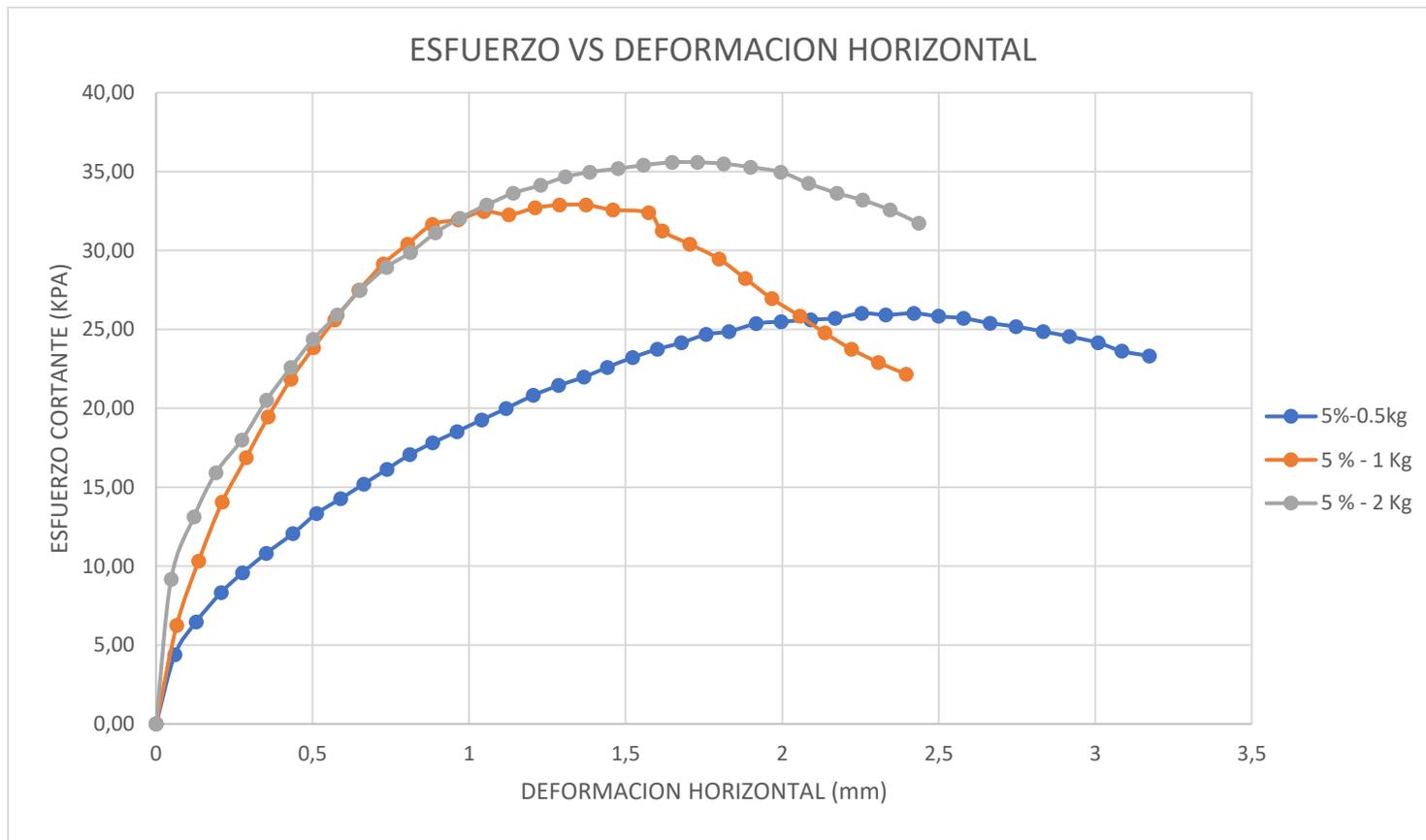
FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 30 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION AL 0%



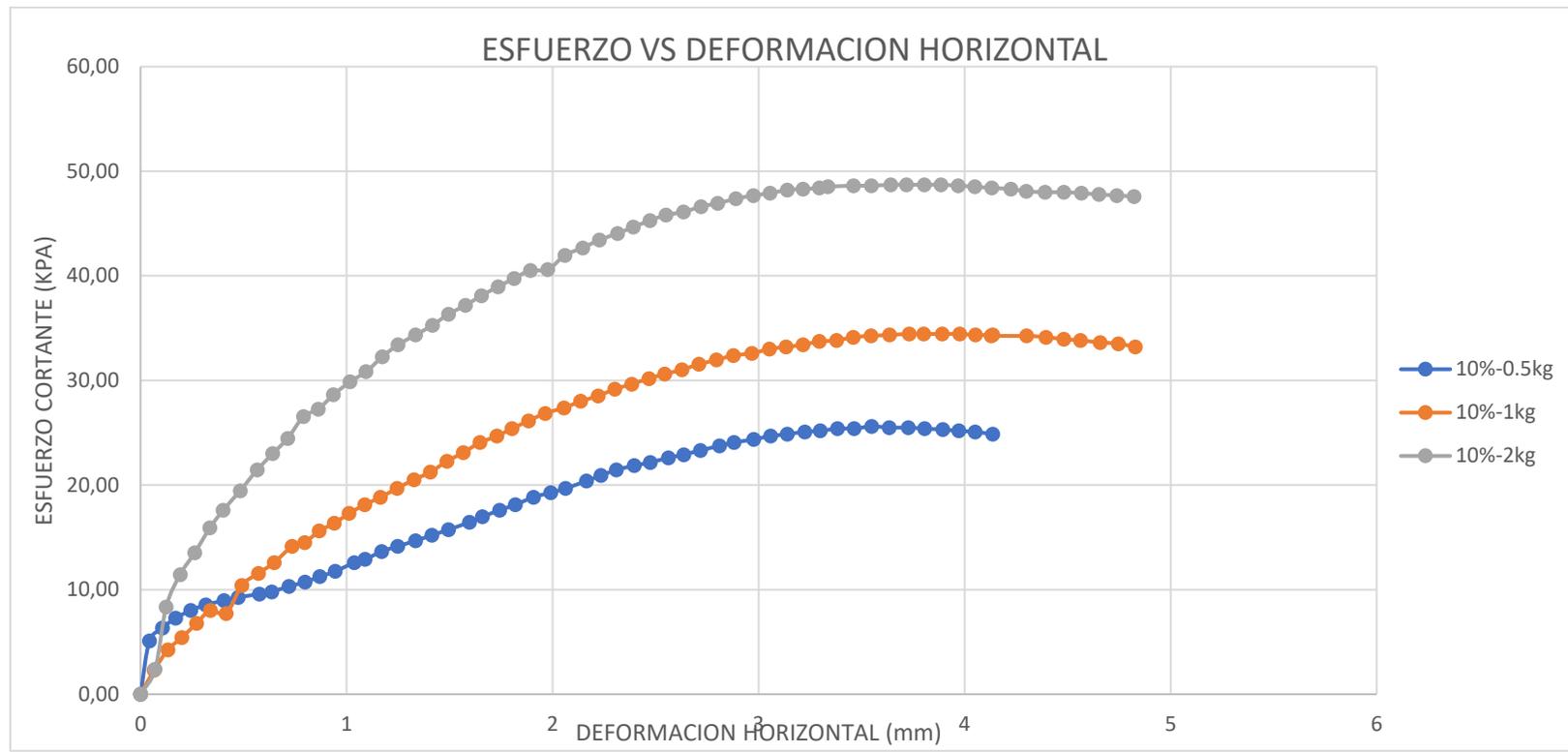
FUENTE AUTORES

ILUSTRACIÓN 31 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION AL 5%



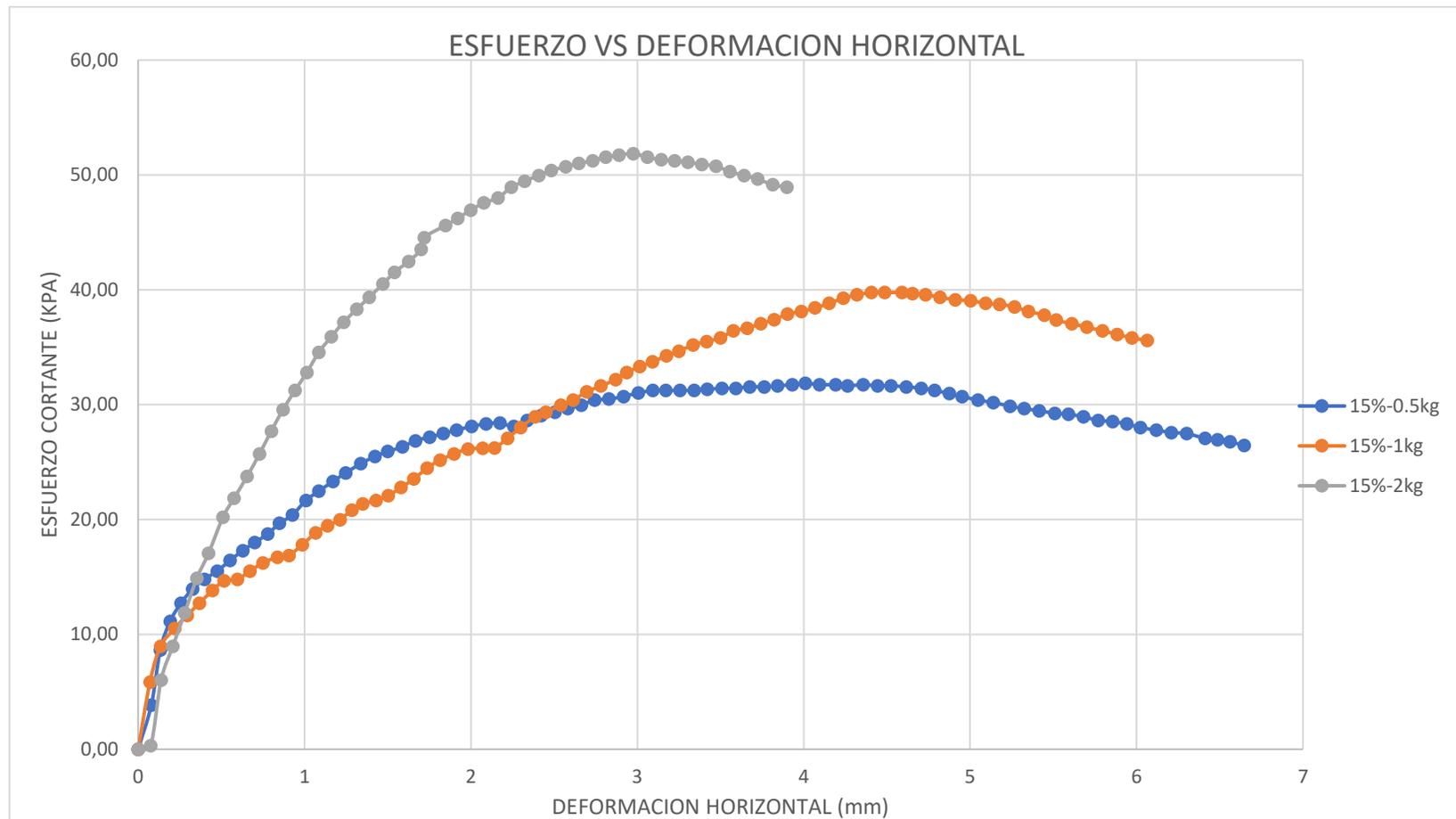
FUENTE AUTORES

ILUSTRACIÓN 32 GRAFICA ESFUERZO DEFORMACIÓN AL 10 %



FUENTE AUTORES

ILUSTRACIÓN 33 GRAFICA ESFUERZO VS DEFORMACION 15%



FUENTE AUTORES

## 11.7. ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

TABLA 46 RESULTADO COMPRESIÓN SIMPLE MUESTRA DE SUELO 1 DEL 0 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUEMDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSÉ REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 0 %</b>				
<b>DIAMETRO (mm)</b>	35,28	<b>ESQUEMA DE FALLA</b>		
<b>ALTURA (mm)</b>	69,87			
<b>DIAMETRO (cm)</b>	3,528			
<b>ALTURA (cm)</b>	6,99			
<b>PESO In (gr)</b>	145,16			
<b>PESO wh (gr)</b>	146,1			
<b>PESO ws (gr)</b>	128,46			
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	68,31			
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	9,78			
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	977,57			
<b>W AGUA (gr)</b>	17,64			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	13,73			
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029			
<b>CELDA (lbf)</b>	250			

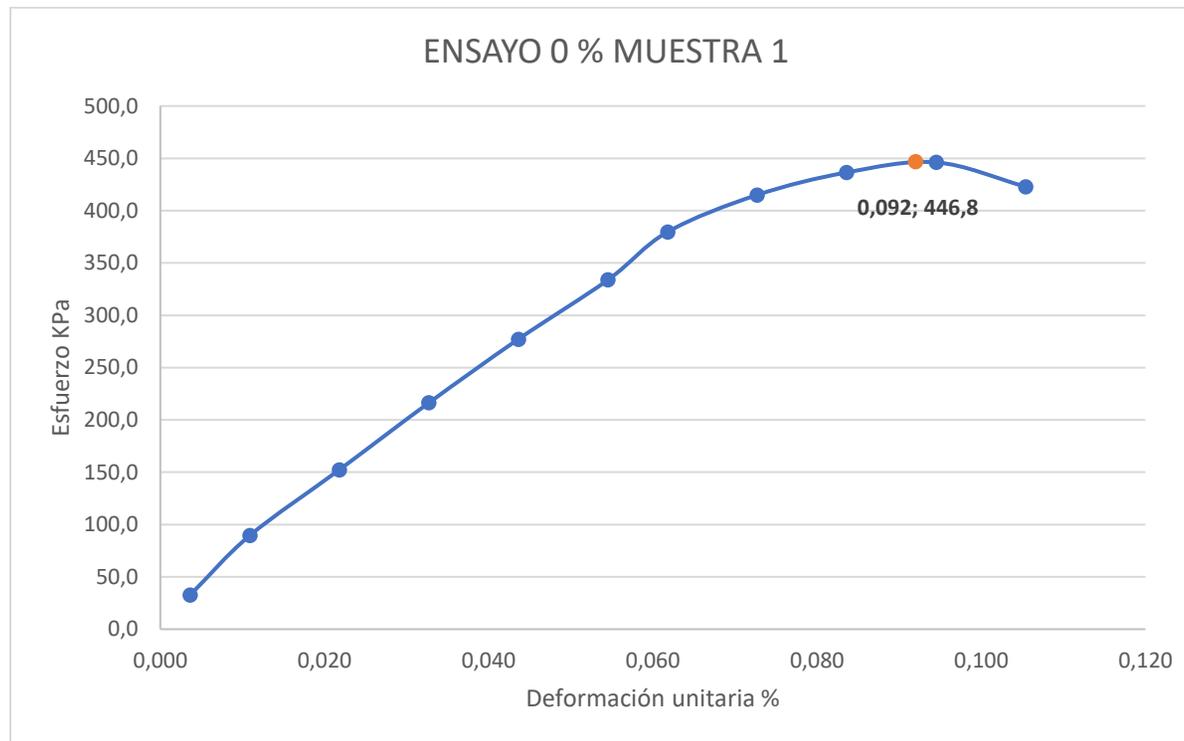
FUENTE: AUTORES

TABLA 47 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % - MUESTRA 1

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>									
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020						
			NORMA INVE 152 – 13						
			LABORATORIO DE GEOTECNIA						
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES						
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 0 %</b>									
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACIÓN (in)</b>	<b>DEFORMACIÓN (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERZO (Kpa)</b>		
<b>0</b>	0	0,000	0	0,000	0,000	0,0003300000	0,0		
<b>30</b>	0,001	0,003	7,19	0,032	0,004	0,0003300140	96,9		
<b>60</b>	0,003	0,008	19,68	0,088	0,013	0,0003300419	265,2		
<b>90</b>	0,006	0,015	33,49	0,149	0,025	0,0003300838	451,3		
<b>120</b>	0,009	0,023	47,56	0,212	0,038	0,0003301258	640,8		
<b>150</b>	0,012	0,030	60,94	0,271	0,051	0,0003301677	821,0		
<b>180</b>	0,015	0,038	73,4	0,326	0,064	0,0003302097	988,8		
<b>210</b>	0,017	0,043	83,49	0,371	0,072	0,0003302377	1124,6		
<b>240</b>	0,02	0,051	91,27	0,406	0,085	0,0003302796	1229,2		
<b>270</b>	0,023	0,058	96,01	0,427	0,097	0,0003303216	1292,9		
<b>300</b>	0,026	0,066	98,14	0,437	0,110	0,0003303636	1321,4		
<b>330</b>	0,029	0,074	93,04	0,414	0,123	0,0003304056	1252,6		

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 34 ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 1



FUENTE: AUTORES

TABLA 48 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 0 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	Gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	Cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSÉ REYES	ALTURA MOLDE	7,352	Cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2 - 0 %</b>				
DIAMETRO (mm)	35,53	ESQUEMA DE FALLA 		
ALTURA (mm)	73,79			
DIAMETRO (cm)	3,553			
ALTURA (cm)	7,379			
PESO In (gr)	157,56			
PESO wh (gr)	157,1			
PESO ws (gr)	137,44			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	73,16			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,91			
AREA (mm <sup>2</sup> )	991,47			
W AGUA (gr)	19,66			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,3			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

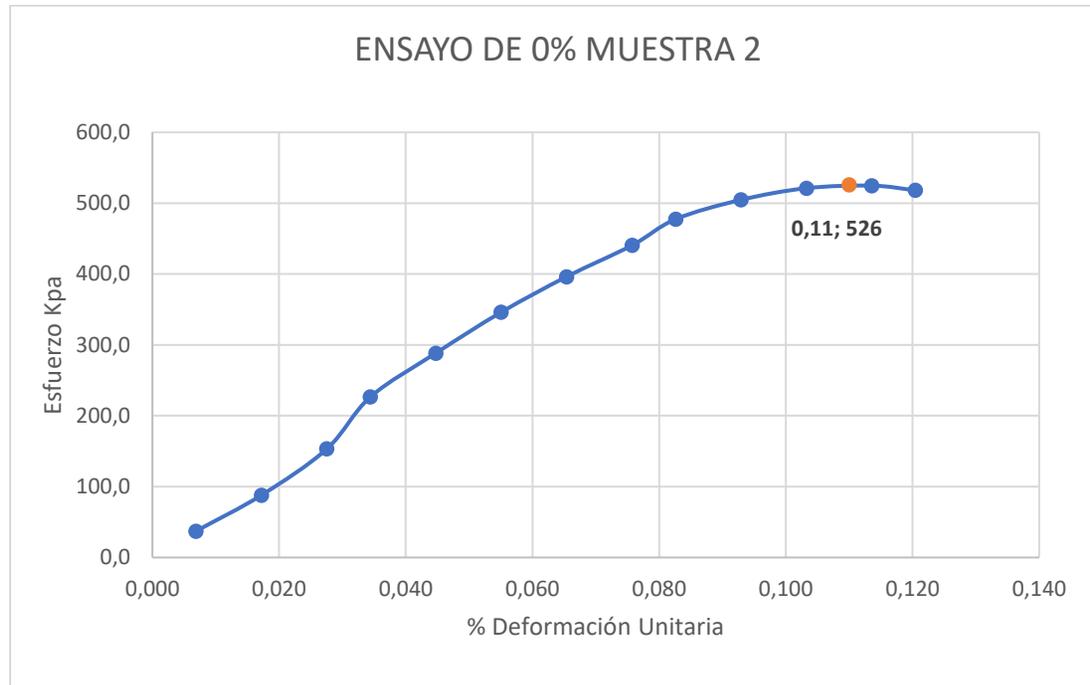
FUENTE: AUTORES

TABLA 49 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % MUESTRA 2

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUES DE LA ADICION DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 – 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2 - 0 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERZO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,0009915	0
30	0,002	0,0051	8,3	0,0369	0,0069	0,0009915	37,235
60	0,005	0,0127	19,6	0,0872	0,0172	0,0009916	87,920
90	0,008	0,0203	34,16	0,1520	0,0275	0,0009917	153,216
120	0,01	0,0254	50,53	0,2248	0,0344	0,0009918	226,624
150	0,013	0,0330	64,3	0,2860	0,0447	0,0009919	288,352
180	0,016	0,0406	77,2	0,3434	0,0551	0,0009920	346,166
210	0,019	0,0483	88,38	0,3931	0,0654	0,0009921	396,256
240	0,022	0,0559	98,26	0,4371	0,0757	0,0009922	440,508
270	0,024	0,0610	106,5	0,4737	0,0826	0,0009923	477,416
300	0,027	0,0686	112,6	0,5009	0,0929	0,0009924	504,709
330	0,03	0,0762	116,28	0,5172	0,1033	0,0009925	521,150
360	0,033	0,0838	117,1	0,5209	0,1136	0,0009926	524,771
390	0,035	0,0889	115,63	0,5143	0,1205	0,0009927	518,147

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 35 ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 2



FUENTE: AUTORES

TABLA 50 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 0 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 0 %</b>				
<b>DIAMETRO (mm)</b>	35,13	<b>ESQUEMA DE FALLA</b>		
<b>ALTURA (mm)</b>	73,62			
<b>DIAMETRO (cm)</b>	3,513			
<b>ALTURA (cm)</b>	7,362			
<b>PESO In (gr)</b>	153,07			
<b>PESO wh (gr)</b>	152,5			
<b>PESO ws (gr)</b>	134,24			
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	71,36			
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	9,69			
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	969,27			
<b>W AGUA (gr)</b>	18,26			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	13,6			
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029			
<b>CELDA (lbf)</b>	250			

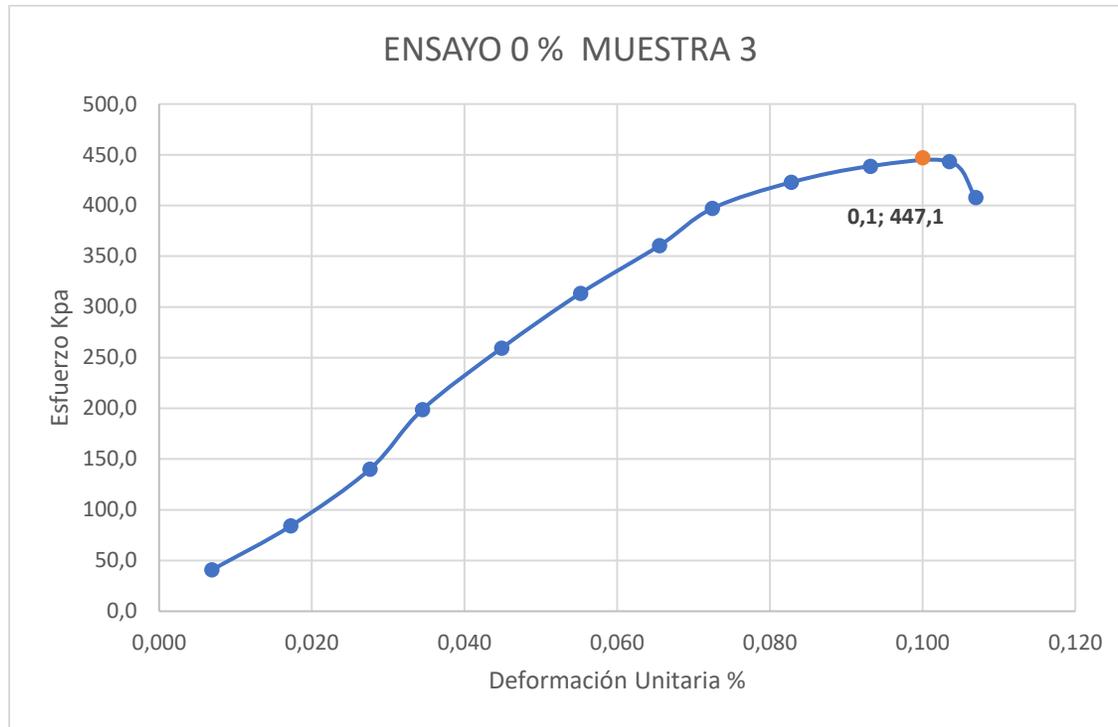
FUENTE: AUTORES

TABLA 51 ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 0 % MUESTRA 3

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUES DE LA ADICION DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
				FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020			
				NORMA INVE 152 – 13			
				LABORATORIO DE GEOTECNIA			
				SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES			
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO MUESTRA 3 - 0 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m2)	ESFUERZO (Kpa)
0	0	0	0	0	0,000	0,0009692731	0,0
30	0,002	0,00508	8,88	0,0395	0,007	0,0009693400	40,7
60	0,005	0,0127	18,34	0,0815	0,017	0,0009694404	84,2
90	0,008	0,02032	30,51	0,1357	0,028	0,0009695408	140,0
120	0,01	0,0254	43,35	0,1928	0,035	0,0009696077	198,9
150	0,013	0,03302	56,53	0,2514	0,045	0,0009697081	259,3
180	0,016	0,04064	68,35	0,3040	0,055	0,0009698085	313,5
210	0,019	0,04826	78,61	0,3496	0,066	0,0009699089	360,5
240	0,021	0,05334	86,57	0,3850	0,072	0,0009699759	397,0
270	0,024	0,06096	92,22	0,4102	0,083	0,0009700764	422,9
300	0,027	0,06858	95,68	0,4256	0,093	0,0009701769	438,7
330	0,03	0,0762	96,69	0,4300	0,104	0,0009702774	443,3
360	0,031	0,07874	88,98	0,3958	0,107	0,0009703109	407,9

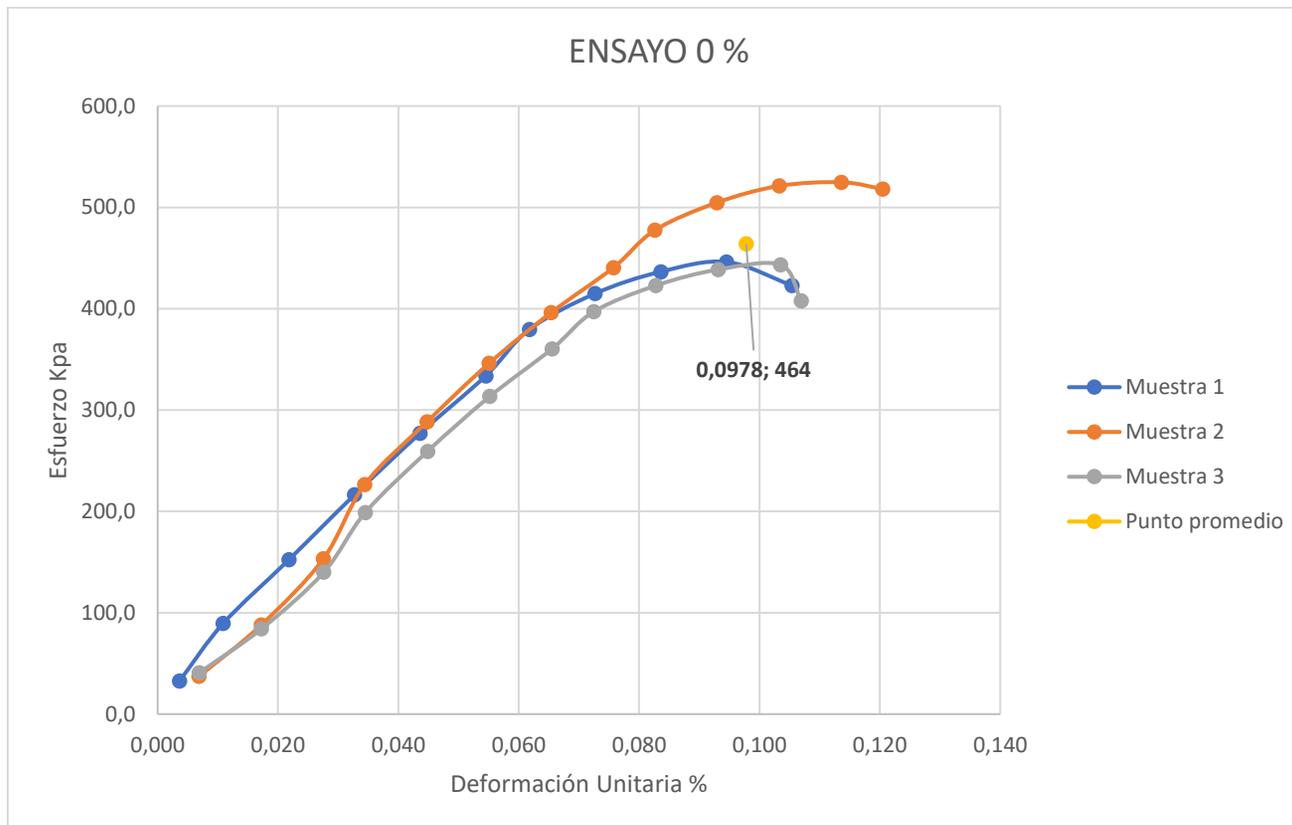
FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 36 ENSAYO DEL 0 % - MUESTRA 3



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 37 ENSAYO DEL 0 %



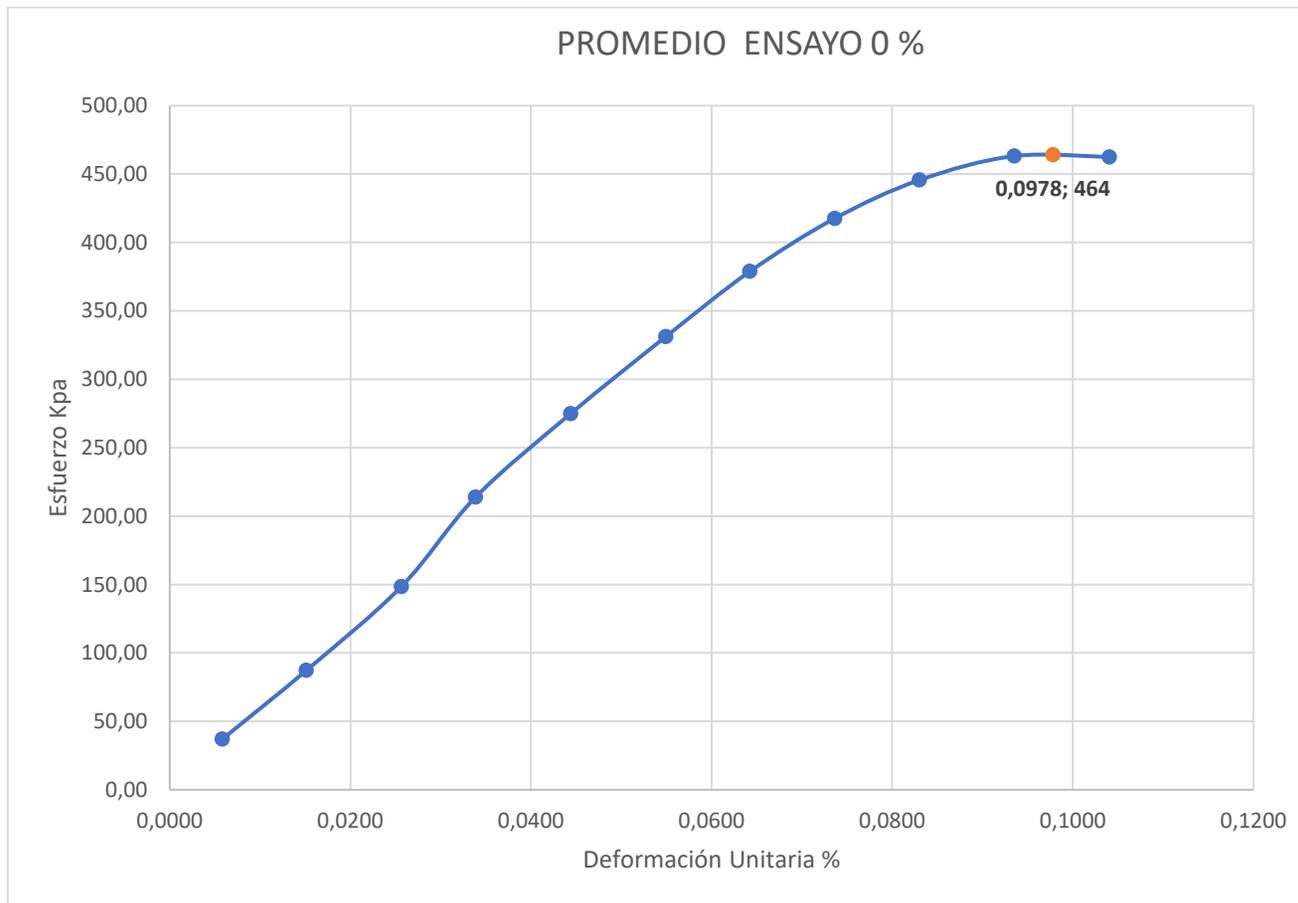
FUENTE: AUTORES

TABLA 52 PROMEDIO ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 0 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
				FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020			
				NORMA INVE 152 – 13			
				LABORATORIO DE GEOTECNIA			
				SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES			
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO PROMEDIO DEL 0 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERZO (Kpa)</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0,0009794	0
<b>30</b>	0,00167	0,00423	8,123	0,03613	0,0058	0,0009795	36,90
<b>60</b>	0,00433	0,01101	19,207	0,08544	0,0151	0,0009796	87,20
<b>90</b>	0,00733	0,01863	32,720	0,14555	0,0256	0,0009797	148,52
<b>120</b>	0,00967	0,02455	47,147	0,20972	0,0339	0,0009798	213,95
<b>150</b>	0,01267	0,03217	60,590	0,26952	0,0444	0,0009799	274,95
<b>180</b>	0,01567	0,03979	72,983	0,32465	0,0549	0,0009800	331,16
<b>210</b>	0,01833	0,04657	83,493	0,37140	0,0643	0,0009801	378,82
<b>240</b>	0,02100	0,05334	92,033	0,40938	0,0736	0,0009802	417,50
<b>270</b>	0,02367	0,06011	98,243	0,43701	0,0830	0,0009803	445,60
<b>300</b>	0,02667	0,06773	102,140	0,45434	0,0935	0,0009804	463,18
<b>330</b>	0,02967	0,07535	102,003	0,45373	0,1041	0,0009805	462,45

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 38 PROMEDIO ENSAYO DEL 0 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 53 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 5 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSÉ REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 5 %</b>				
<b>DIAMETRO (mm)</b>	35,54	<b>ESQUEMA DE FALLA</b> 		
<b>ALTURA (mm)</b>	74,33			
<b>DIAMETRO (cm)</b>	3,554			
<b>ALTURA (cm)</b>	7,433			
<b>PESO In (gr)</b>	146,38			
<b>PESO wh (gr)</b>	146			
<b>PESO ws (gr)</b>	128,34			
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	73,74			
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	9,92			
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	992,03			
<b>W AGUA (gr)</b>	17,66			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	13,76			
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029			
<b>CELDA (lbf)</b>	250			

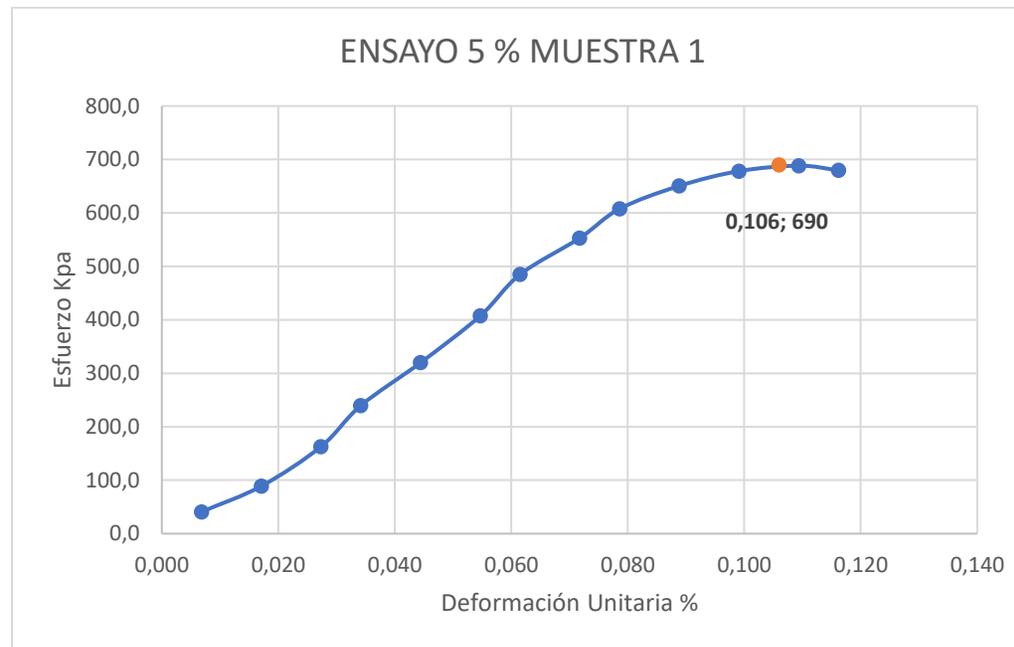
FUENTE: AUTORES

TABLA 54 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 1

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 5 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERZO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,00099203	0
30	0,002	0,00508	9,11	0,04052	0,0068344	0,00099210	40,85
60	0,005	0,0127	19,83	0,08821	0,0170860	0,00099220	88,90
90	0,008	0,02032	36,35	0,16169	0,0273375	0,00099230	162,95
120	0,01	0,0254	53,48	0,23789	0,0341719	0,00099237	239,72
150	0,013	0,03302	71,37	0,31747	0,0444235	0,00099247	319,88
180	0,016	0,04064	90,91	0,40439	0,0546751	0,00099257	407,41
210	0,018	0,04572	108,2	0,48130	0,0615095	0,00099264	484,87
240	0,021	0,05334	123,42	0,54900	0,0717611	0,00099274	553,01
270	0,023	0,05842	135,62	0,60327	0,0785955	0,00099281	607,64
300	0,026	0,06604	145,21	0,64593	0,0888470	0,00099291	650,54
330	0,029	0,07366	151,4	0,67346	0,0990986	0,00099301	678,20
360	0,032	0,08128	153,69	0,68365	0,1093502	0,00099312	688,39
390	0,034	0,08636	151,78	0,67515	0,1161846	0,00099318	679,78

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 39 GRAFICA ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 % MUESTRA 1



FUENTE: AUTORES

TABLA 55 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 5 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2 - 5 %</b>				
<b>DIAMETRO (mm)</b>	35,48	<b>ESQUEMA DE FALLA</b> 		
<b>ALTURA (mm)</b>	73,88			
<b>DIAMETRO (cm)</b>	3,548			
<b>ALTURA (cm)</b>	7,388			
<b>PESO In (gr)</b>	145,3			
<b>PESO wh (gr)</b>	145			
<b>PESO ws (gr)</b>	127,16			
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	73,04			
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	9,89			
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	988,68			
<b>W AGUA (gr)</b>	17,84			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	14,03			
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029			
<b>CELDA (lbf)</b>	250			

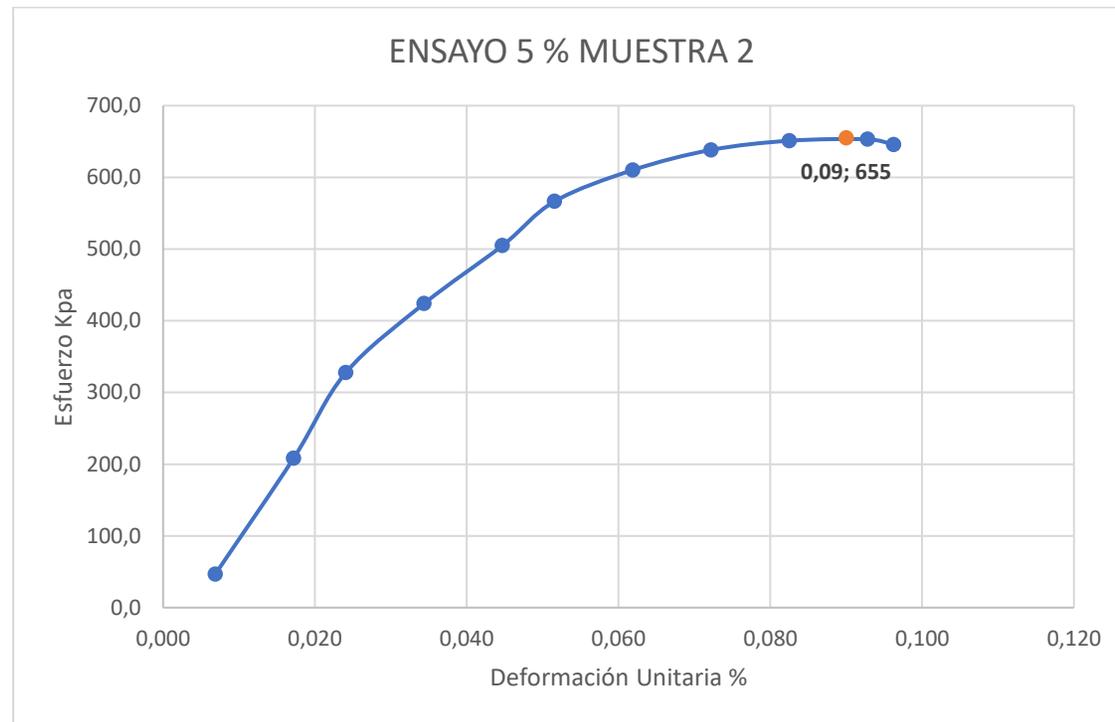
FUENTE: AUTORES

TABLA 56 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 2

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2 - 5 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERZO (Kpa)</b>
<b>0</b>	0	0,00	0	0,000	0	0,00098868	0
<b>30</b>	0,002	0,01	10,38	0,046	0,0069	0,00098875	46,698
<b>60</b>	0,005	0,01	46,29	0,206	0,0172	0,00098885	208,229
<b>90</b>	0,007	0,02	72,81	0,324	0,0241	0,00098892	327,503
<b>120</b>	0,01	0,03	94,26	0,419	0,0344	0,00098902	423,943
<b>150</b>	0,013	0,03	112,23	0,499	0,0447	0,00098913	504,713
<b>180</b>	0,015	0,04	125,97	0,560	0,0516	0,00098919	566,464
<b>210</b>	0,018	0,05	135,71	0,604	0,0619	0,00098930	610,200
<b>240</b>	0,021	0,05	141,97	0,632	0,0722	0,00098940	638,282
<b>270</b>	0,024	0,06	144,83	0,644	0,0825	0,00098950	651,073
<b>300</b>	0,027	0,07	145,29	0,646	0,0928	0,00098960	653,073
<b>330</b>	0,028	0,07	143,68	0,639	0,0963	0,00098964	645,814

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 40 GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE ENSAYO DEL 5 % MUESTRA 2



FUENTE: AUTORES

TABLA 57 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 5 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 5 %</b>				
<b>DIÁMETRO (mm)</b>	35,63	<b>ESQUEMA DE FALLA</b> 		
<b>ALTURA (mm)</b>	73,39			
<b>DIÁMETRO (cm)</b>	3,563			
<b>ALTURA (cm)</b>	7,339			
<b>PESO In (gr)</b>	146,47			
<b>PESO wh (gr)</b>	146			
<b>PESO ws (gr)</b>	128,5			
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	73,17			
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	9,97			
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	997,06			
<b>W AGUA (gr)</b>	17,5			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	13,62			
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029			
<b>CELDA (lbf)</b>	250			

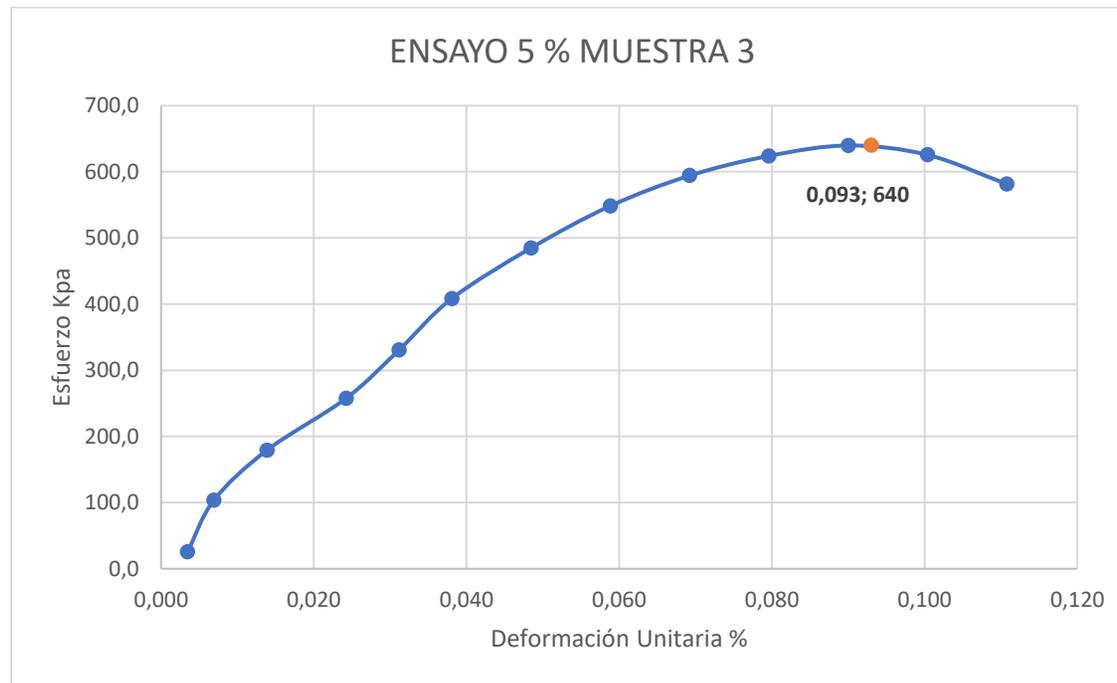
FUENTE: AUTORES

TABLA 58 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 3

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 5 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m2)	ESFUERO (Kpa)
0	0	0	0	0	0	0,0009971	0
30	0,001	0,0025	5,68	0,025	0,0035	0,0009971	25,34
60	0,002	0,0051	23,24	0,103	0,0069	0,0009971	103,67
90	0,004	0,0102	40,14	0,179	0,0138	0,0009972	179,05
120	0,007	0,0178	57,74	0,257	0,0242	0,0009973	257,54
150	0,009	0,0229	74,11	0,330	0,0311	0,0009974	330,53
180	0,011	0,0279	91,57	0,407	0,0381	0,0009974	408,37
210	0,014	0,0356	108,73	0,484	0,0485	0,0009975	484,85
240	0,017	0,0432	122,99	0,547	0,0588	0,0009976	548,38
270	0,02	0,0508	133,28	0,593	0,0692	0,0009978	594,20
300	0,023	0,0584	139,98	0,623	0,0796	0,0009979	624,00
330	0,026	0,0660	143,52	0,638	0,0900	0,0009980	639,71
360	0,029	0,0737	140,38	0,624	0,1004	0,0009981	625,65
390	0,032	0,0813	130,5	0,580	0,1108	0,0009982	581,56

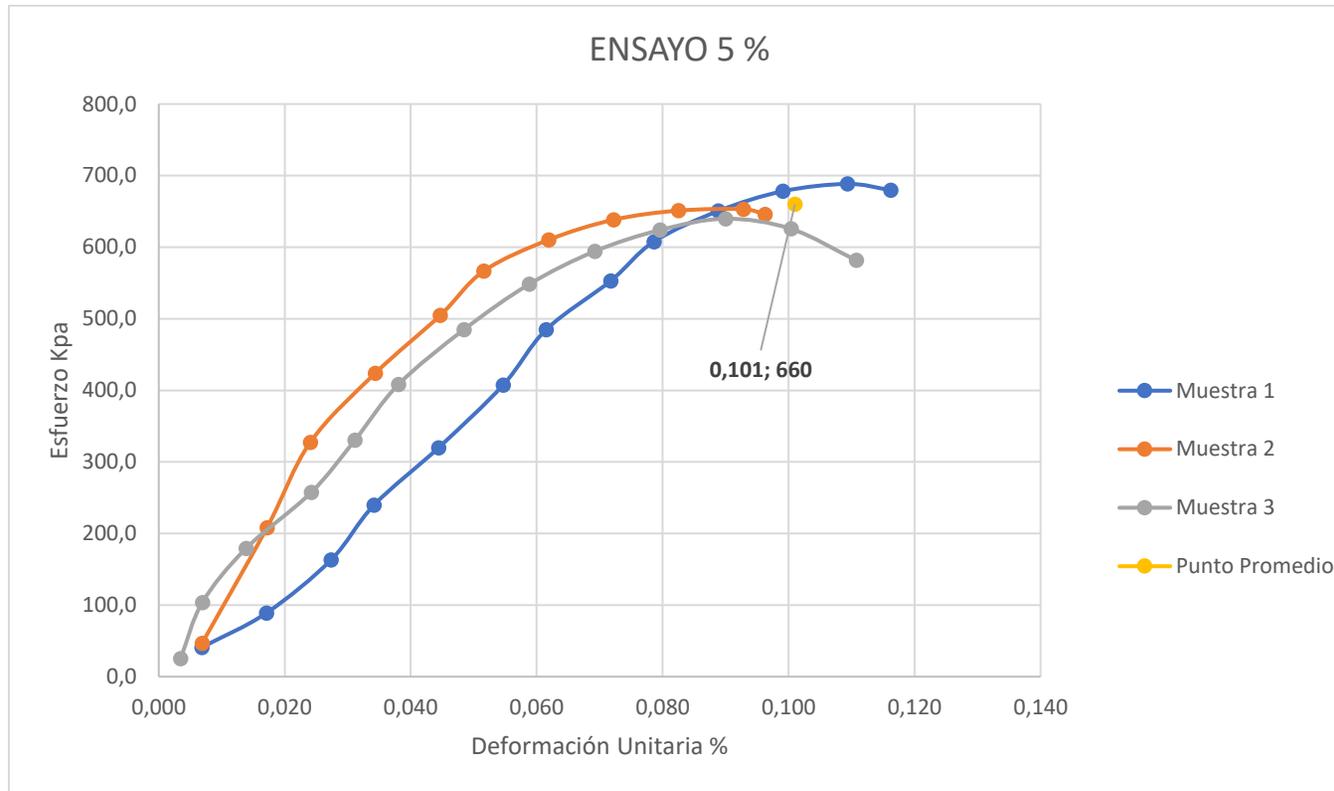
FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 41 GRAFICA COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 % MUESTRA 3



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 42 GRAFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 %



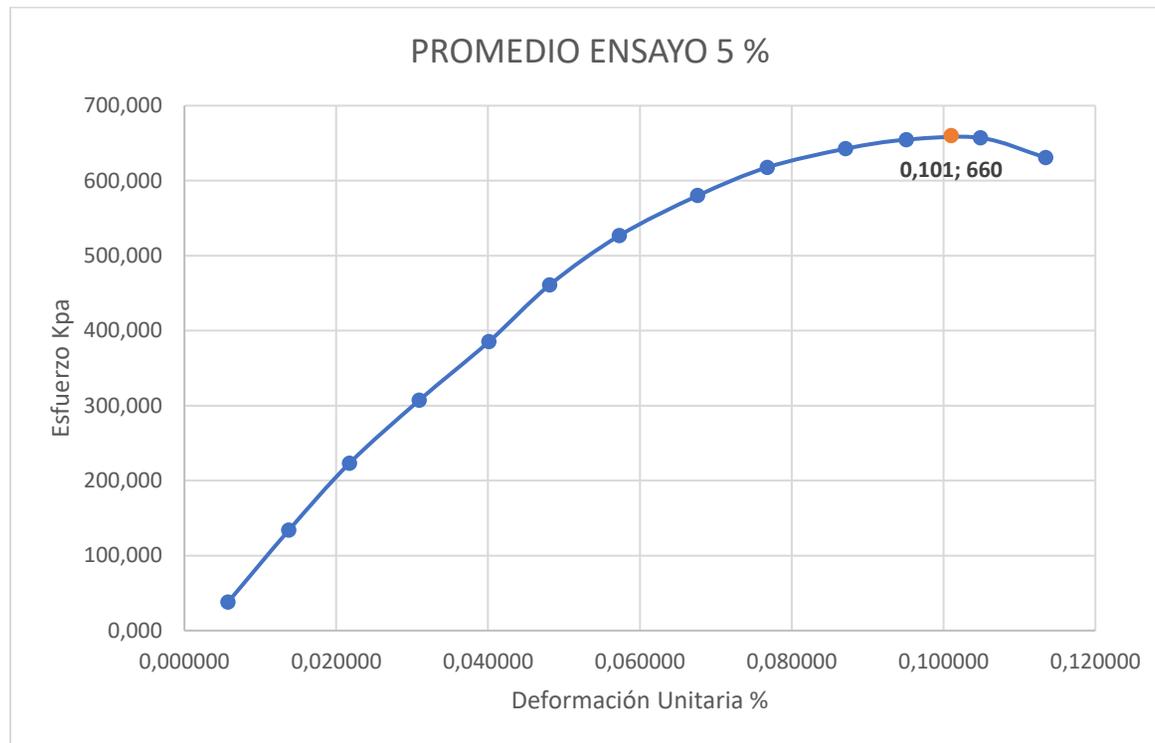
FUENTE: AUTORES

TABLA 59 PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 5 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
				FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020			
				NORMA INVE 152 - 13			
				LABORATORIO DE GEOTECNIA			
				SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES			
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO PROMEDIO DEL 5 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m2)	ESFUERO (Kpa)
0	0,0000	0	0	0	0	0,0009926	0
30	0,0017	0,0042	8,39	0,0373	0,0057	0,0009926	37,628
60	0,0040	0,0102	29,79	0,1325	0,0137	0,0009927	133,602
90	0,0063	0,0161	49,77	0,2214	0,0217	0,0009928	223,168
120	0,0090	0,0229	68,49	0,3047	0,0309	0,0009929	307,066
150	0,0117	0,0296	85,90	0,3821	0,0401	0,0009930	385,039
180	0,0140	0,0356	102,82	0,4574	0,0481	0,0009931	460,749
210	0,0167	0,0423	117,55	0,5229	0,0573	0,0009932	526,637
240	0,0197	0,0500	129,46	0,5759	0,0676	0,0009933	579,891
270	0,0223	0,0567	137,91	0,6135	0,0768	0,0009934	617,635
300	0,0253	0,0643	143,49	0,6383	0,0871	0,0009935	642,537
330	0,0277	0,0703	146,20	0,6503	0,0951	0,0009935	654,576
360	0,0305	0,0775	147,04	0,6540	0,1049	0,0009956	657,020
390	0,0330	0,0838	141,14	0,6278	0,1135	0,0009957	630,672

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 43 GRAFICA DE PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL 5 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 60 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 10 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>					
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr	
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%	
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm	
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm	
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>	
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 10 %</b>					
<b>DIÁMETRO (mm)</b>	35,82	ESQUEMA DE FALLA 			
<b>ALTURA (mm)</b>	73,85				
<b>DIÁMETRO (cm)</b>	3,582				
<b>ALTURA (cm)</b>	7,385				
<b>PESO In (gr)</b>	138,27				
<b>PESO wh (gr)</b>	138				
<b>PESO ws (gr)</b>	121,15				
<b>VOLUMEN (cm<sup>3</sup>)</b>	74,42				
<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	10,08				
<b>AREA (mm<sup>2</sup>)</b>	1007,72				
<b>W AGUA (gr)</b>	16,85				
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	13,91				
<b>VELOCIDAD (in /m)</b>	0,029				
<b>CELDA (lbf)</b>	250				

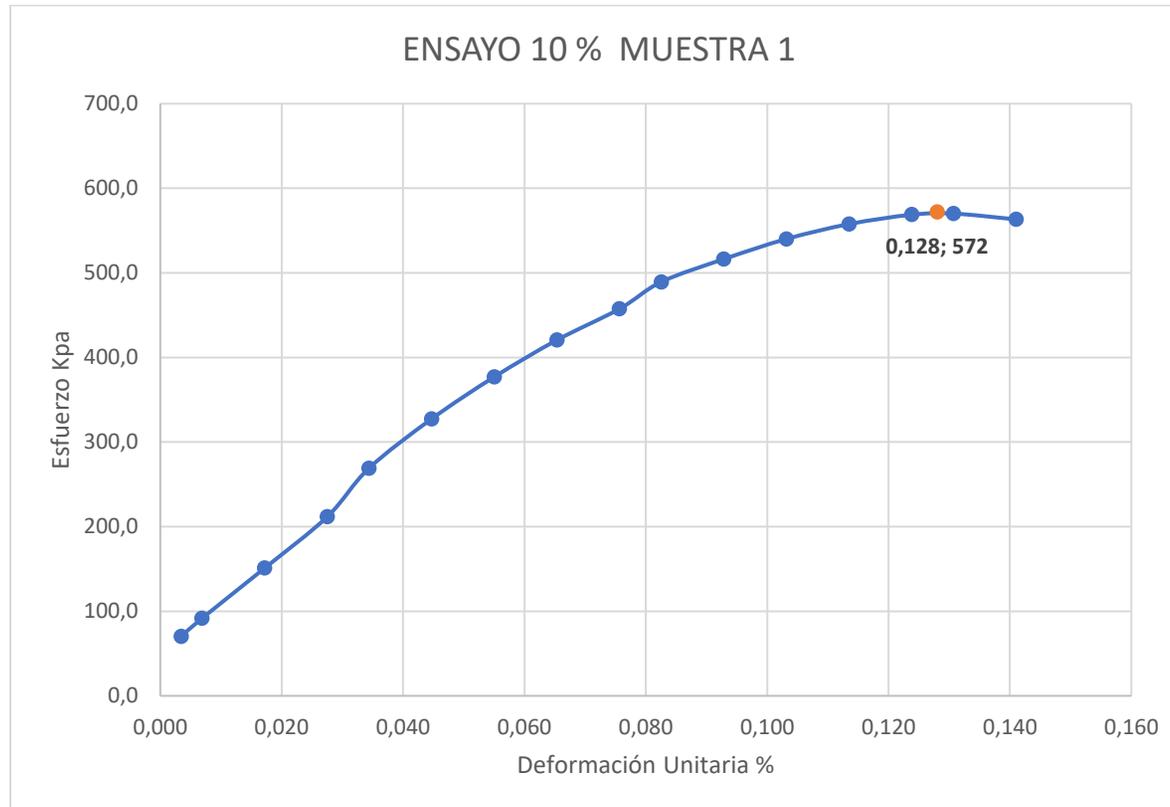
FUENTE: AUTORES

TABLA 61 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 1

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 1 - 10 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,00100772	0
30	0,001	0,00254	15,91	0,0708	0,00344	0,00100776	70,23
60	0,002	0,00508	20,77	0,0924	0,00688	0,00100779	91,68
90	0,005	0,01270	34,2	0,1521	0,01720	0,00100790	150,94
120	0,008	0,02032	47,98	0,2134	0,02752	0,00100800	211,73
150	0,01	0,02540	60,97	0,2712	0,03439	0,00100807	269,04
180	0,013	0,03302	74,2	0,3301	0,04471	0,00100817	327,38
210	0,016	0,04064	85,45	0,3801	0,05503	0,00100828	376,98
240	0,019	0,04826	95,32	0,4240	0,06535	0,00100838	420,48
270	0,022	0,05588	103,7	0,4613	0,07567	0,00100849	457,40
300	0,024	0,06096	110,93	0,4934	0,08255	0,00100856	489,26
330	0,027	0,06858	117,07	0,5208	0,09286	0,00100866	516,28
360	0,03	0,07620	122,47	0,5448	0,10318	0,00100876	540,04
390	0,033	0,08382	126,48	0,5626	0,11350	0,00100887	557,67
420	0,036	0,09144	129	0,5738	0,12382	0,00100897	568,72
450	0,038	0,09652	129,31	0,5752	0,13070	0,00100904	570,05
480	0,041	0,10414	127,78	0,5684	0,14102	0,00100915	563,24

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 44 GRAFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 1



FUENTE: AUTORES

TABLA 62 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 10 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
	CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2 - 10 %</b>				
DIÁMETRO (mm)	35,06	<b>ESQUEMA DE FALLA</b> 		
ALTURA (mm)	74,64			
DIÁMETRO (cm)	3,506			
ALTURA (cm)	7,464			
PESO In (gr)	139,77			
PESO wh (gr)	139,5			
PESO ws (gr)	122,07			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	72,06			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,65			
AREA (mm <sup>2</sup> )	965,41			
W AGUA (gr)	17,43			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,28			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

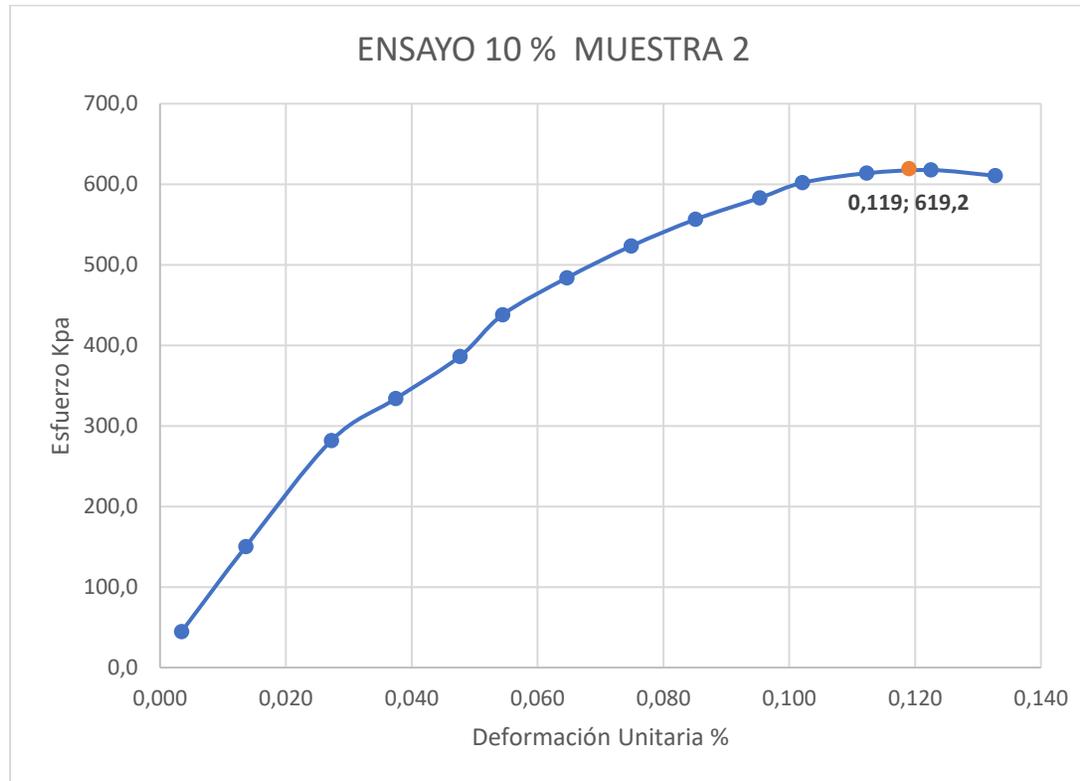
FUENTE: AUTORES

TABLA 63 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 2

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 2- 10 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERO (Kpa)</b>
0	0	0,000	0	0,000	0,000	0,000965	0,0
30	0,001	0,003	9,62	0,043	0,003	0,000965	44,3
60	0,004	0,010	32,56	0,145	0,014	0,000966	150,0
90	0,008	0,020	61,16	0,272	0,027	0,000966	281,7
120	0,011	0,028	72,45	0,322	0,037	0,000966	333,7
150	0,014	0,036	83,84	0,373	0,048	0,000966	386,1
180	0,016	0,041	95,09	0,423	0,054	0,000966	437,9
210	0,019	0,048	105,05	0,467	0,065	0,000966	483,7
240	0,022	0,056	113,63	0,505	0,075	0,000966	523,2
270	0,025	0,064	120,82	0,537	0,085	0,000966	556,2
300	0,028	0,071	126,63	0,563	0,095	0,000966	582,9
330	0,03	0,076	130,74	0,582	0,102	0,000966	601,8
360	0,033	0,084	133,32	0,593	0,112	0,000966	613,6
390	0,036	0,091	134,2	0,597	0,123	0,000967	617,6
420	0,039	0,099	132,69	0,590	0,133	0,000967	610,6

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 45    GRÁFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 2



FUENTE: AUTORES

TABLA 64 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 10 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIAMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 10 %</b>				
DIAMETRO (mm)	35,42	<p style="text-align: center;">ESQUEMA DE FALLA</p> 		
ALTURA (mm)	74,45			
DIAMETRO (cm)	3,542			
ALTURA (cm)	7,445			
PESO In (gr)	129,78			
PESO wh (gr)	129,3			
PESO ws (gr)	112,98			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	73,36			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,85			
AREA (mm <sup>2</sup> )	985,34			
W AGUA (gr)	16,32			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,45			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

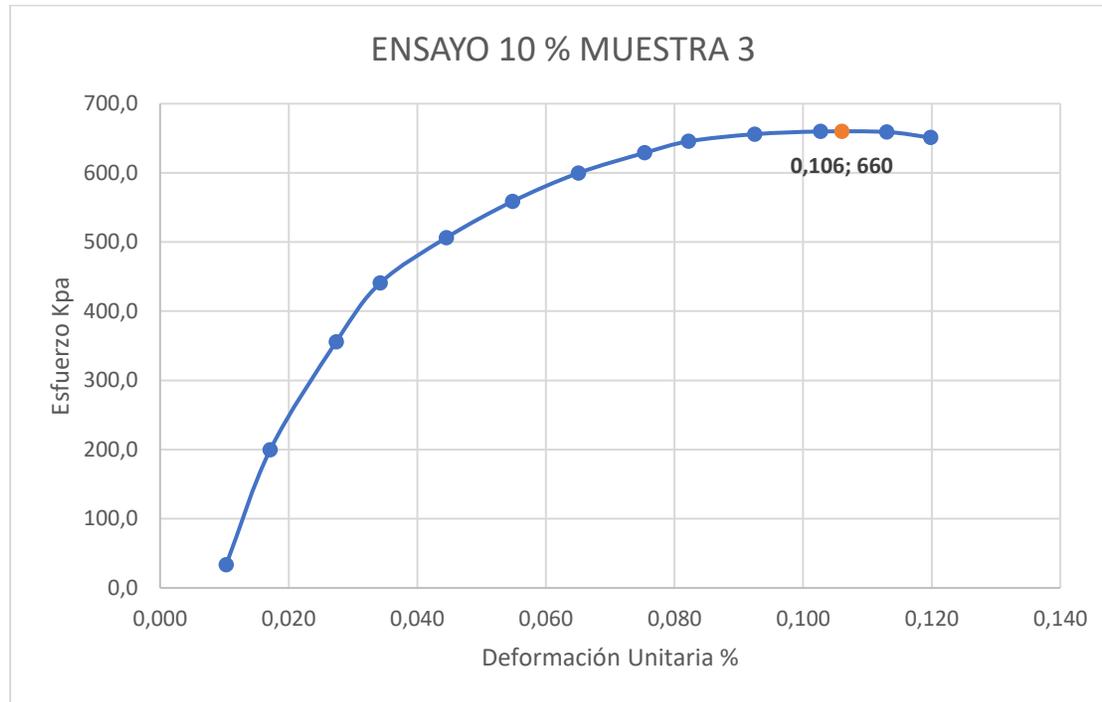
FUENTE: AUTORES

TABLA 65 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 3

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 10 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,00098090	0
30	0,003	0,00762	7,38	0,03283	0,010272	0,00098100	33,46
60	0,005	0,01270	44,02	0,19581	0,017121	0,00098106	199,59
90	0,008	0,02032	78,47	0,34905	0,027393	0,00098116	355,75
120	0,010	0,02540	97,23	0,43250	0,034241	0,00098123	440,77
150	0,013	0,03302	111,68	0,49678	0,044513	0,00098133	506,23
180	0,016	0,04064	123,24	0,54820	0,054786	0,00098143	558,57
210	0,019	0,04826	132,33	0,58863	0,065058	0,00098153	599,71
240	0,022	0,05588	138,77	0,61728	0,075330	0,00098164	628,83
270	0,024	0,06096	142,46	0,63369	0,082178	0,00098170	645,50
300	0,027	0,06858	144,76	0,64392	0,092451	0,00098180	655,86
330	0,030	0,07620	145,63	0,64779	0,102723	0,00098190	659,73
360	0,033	0,08382	145,48	0,64713	0,112995	0,00098201	658,99
390	0,035	0,08890	143,72	0,63930	0,119844	0,00098207	650,97

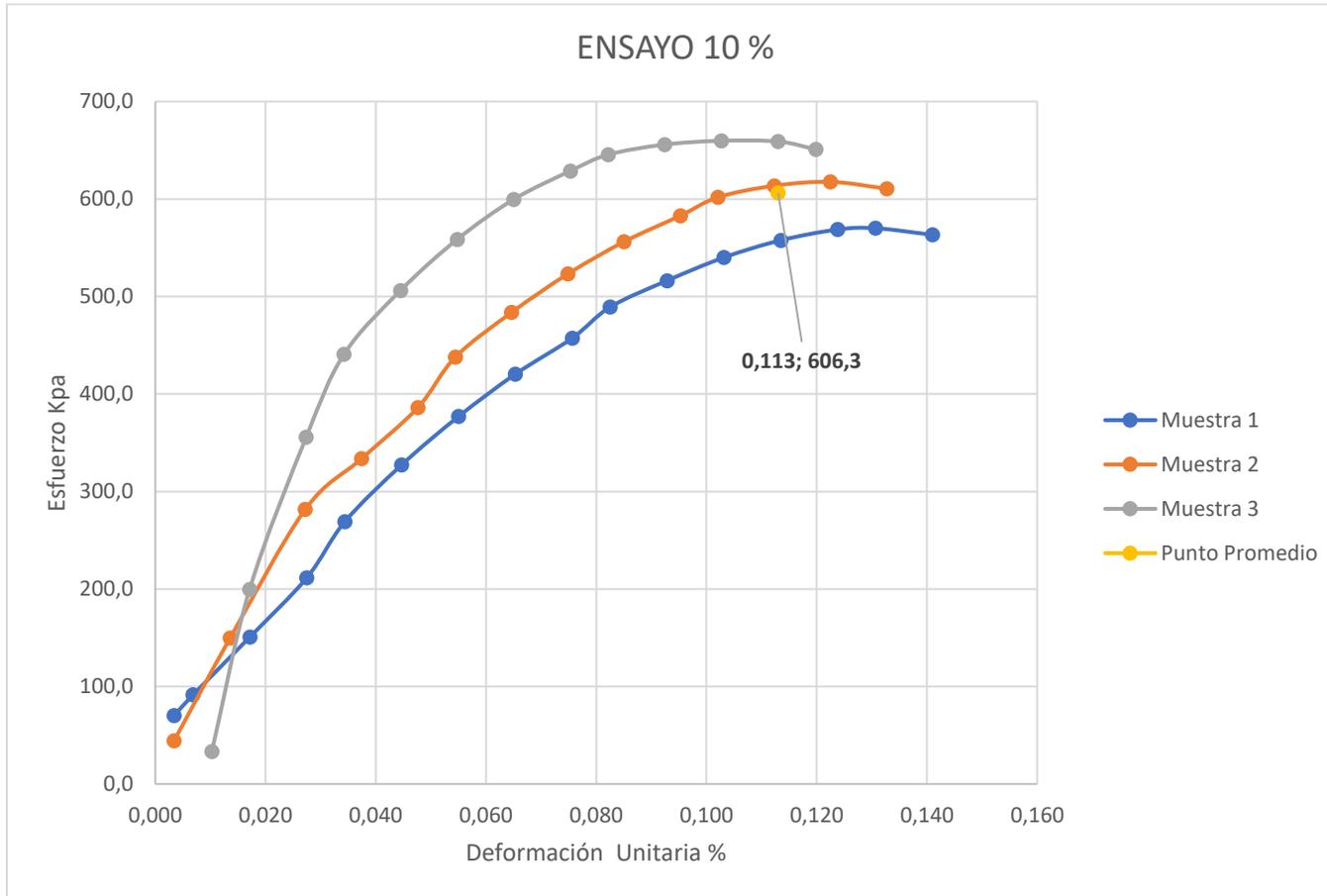
FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 46 GRÁFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 % MUESTRA 3



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 47 GRÁFICO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 %



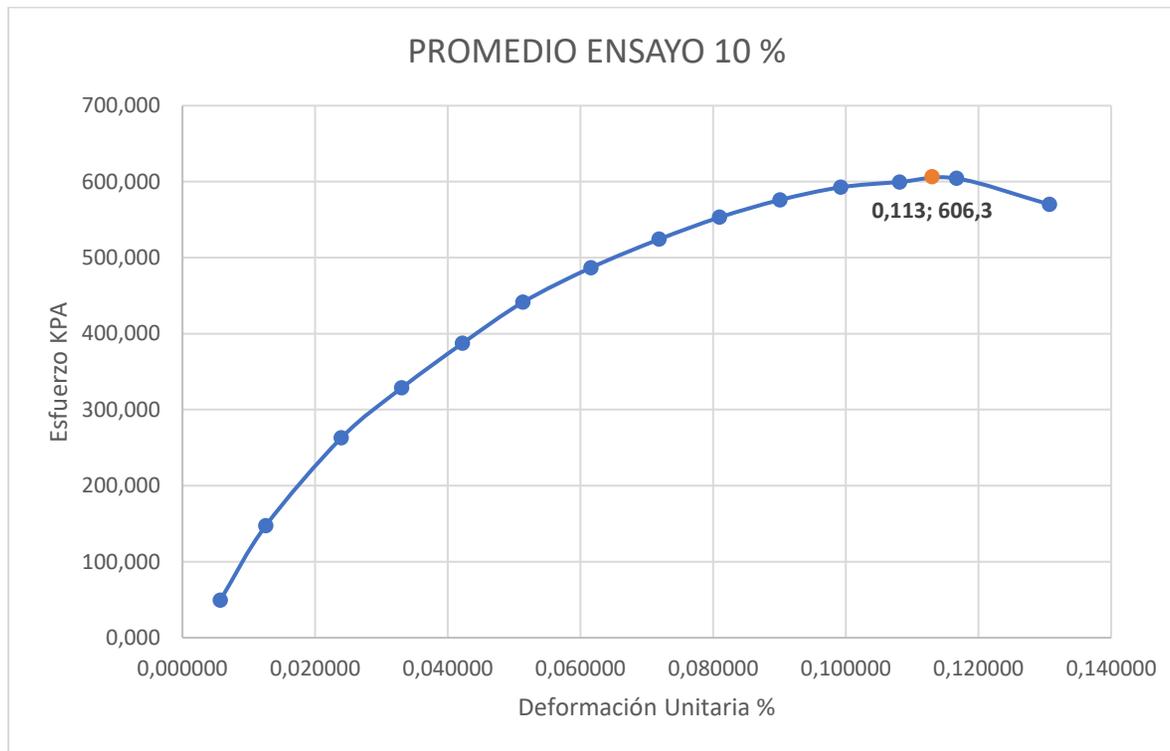
FUENTE: AUTORES

TABLA 66 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 10 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO PROMEDIO DEL 10 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,00098468	0
30	0,0017	0,00423	10,97	0,04880	0,005705	0,00098473	49,34
60	0,0037	0,00931	32,45	0,14434	0,012537	0,00098480	147,09
90	0,0070	0,01778	57,94	0,25774	0,023938	0,00098491	262,80
120	0,0097	0,02455	72,55	0,32273	0,033063	0,00098500	328,73
150	0,0123	0,03133	85,50	0,38031	0,042183	0,00098509	387,13
180	0,0150	0,03810	97,51	0,43375	0,051315	0,00098518	441,28
210	0,0180	0,04572	107,61	0,47867	0,061582	0,00098528	486,80
240	0,0210	0,05334	115,91	0,51558	0,071848	0,00098538	524,16
270	0,0237	0,06011	122,33	0,54414	0,080973	0,00098547	553,04
300	0,0263	0,06689	127,44	0,56688	0,090094	0,00098556	576,01
330	0,0290	0,07366	131,15	0,58337	0,099226	0,00098565	592,60
360	0,0315	0,08001	133,98	0,59595	0,108089	0,00099538	599,51
390	0,0340	0,08636	135,10	0,60095	0,116672	0,00099547	604,32
420	0,0380	0,09652	129,31	0,57520	0,130697	0,00100904	570,05

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 48 GRÁFICA DE PROMEDIO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 10 %



FUENTE: AUTORES

TABLA 67 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 1 DEL 15 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
 <b>Universidad Pontificia Bolivariana</b>	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO MUESTRA 1 - 15 %</b>				
DIÁMETRO (mm)	35,42	<p style="text-align: center;">ESQUEMA DE FALLA</p> 		
ALTURA (mm)	74,45			
DIÁMETRO (cm)	3,542			
ALTURA (cm)	7,445			
PESO In (gr)	129,78			
PESO wh (gr)	129,3			
PESO ws (gr)	112,98			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	73,36			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,85			
AREA (mm <sup>2</sup> )	985,34			
W AGUA (gr)	16,32			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,45			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

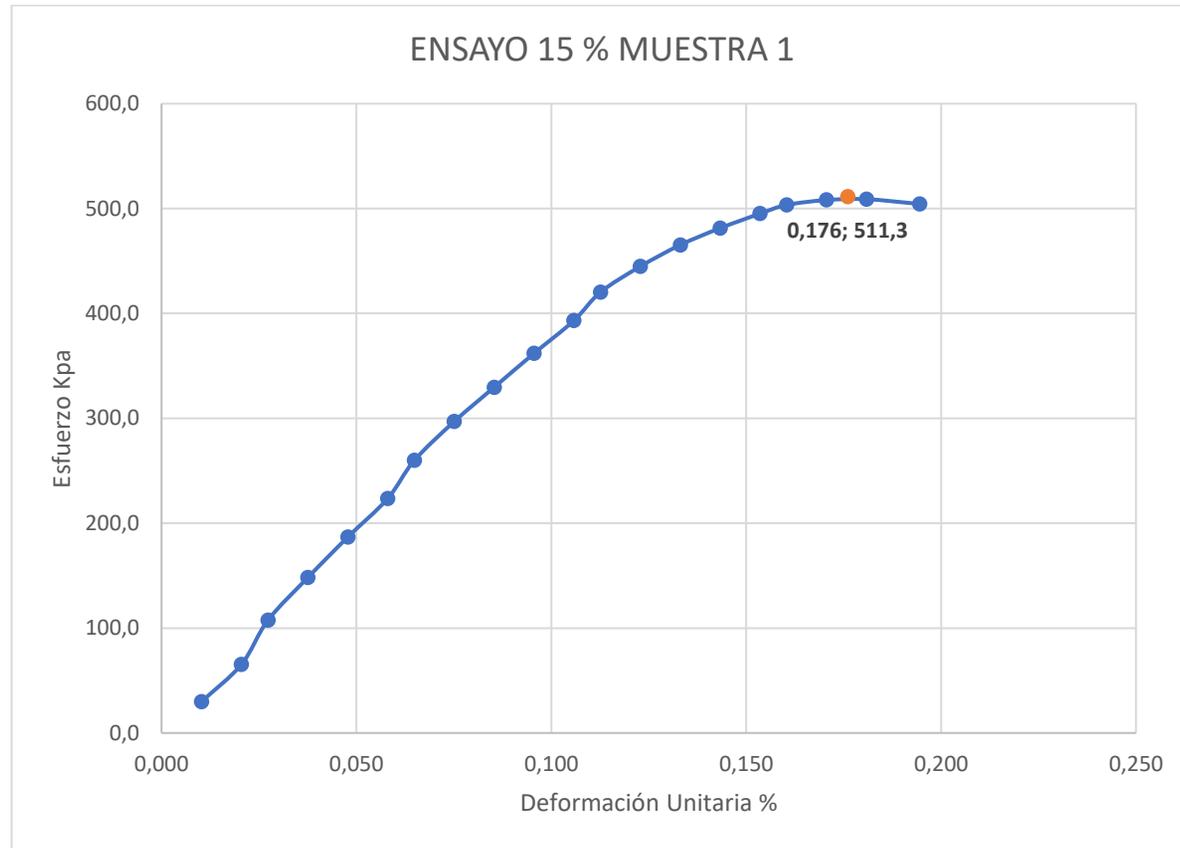
FUENTE: AUTORES

TABLA 68 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 1

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO MUESTRA 1 - 15 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m2)	ESFUERO (Kpa)
0	0	0	0	0	0	0,00098534	0
30	0,003	0,0076	6,59	0,02931	0,01024	0,00098544	29,75
60	0,006	0,0152	14,45	0,06428	0,02047	0,00098554	65,22
90	0,008	0,0203	23,81	0,10591	0,02729	0,00098561	107,46
120	0,011	0,0279	32,83	0,14604	0,03753	0,00098571	148,15
150	0,014	0,0356	41,37	0,18402	0,04776	0,00098581	186,67
180	0,017	0,0432	49,51	0,22023	0,05800	0,00098591	223,38
210	0,019	0,0483	57,57	0,25608	0,06482	0,00098598	259,73
240	0,022	0,0559	65,8	0,29269	0,07506	0,00098608	296,82
270	0,025	0,0635	73,04	0,32490	0,08529	0,00098618	329,45
300	0,028	0,0711	80,22	0,35684	0,09553	0,00098628	361,80
330	0,031	0,0787	87,16	0,38771	0,10576	0,00098639	393,06
360	0,033	0,0838	93,18	0,41449	0,11259	0,00098645	420,18
390	0,036	0,0914	98,64	0,43877	0,12282	0,00098655	444,75
420	0,039	0,0991	103,19	0,45901	0,13306	0,00098665	465,22
450	0,042	0,1067	106,76	0,47489	0,14329	0,00098676	481,27
480	0,045	0,1143	109,84	0,48859	0,15353	0,00098686	495,10
510	0,047	0,1194	111,69	0,49682	0,16035	0,00098692	503,40
540	0,05	0,1270	112,74	0,50149	0,17058	0,00098703	508,08
570	0,053	0,1346	112,93	0,50234	0,18082	0,00098713	508,89
600	0,057	0,1448	111,95	0,49798	0,19447	0,00098726	504,40

FUENTE AUTORES

ILUSTRACIÓN 49 GRÁFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 1



FUENTE: AUTORES

TABLA 69 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 2 DEL 15 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN DE SUELO MUESTRA 2 - 15 %</b>				
DIAMETRO (mm)	35,37	<b>ESQUEMA DE FALLA</b> 		
ALTURA (mm)	74,06			
DIAMETRO (cm)	3,537			
ALTURA (cm)	7,406			
PESO In (gr)	130,59			
PESO wh (gr)	130,2			
PESO ws (gr)	114,04			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	72,77			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,83			
AREA (mm <sup>2</sup> )	982,56			
W AGUA (gr)	16,16			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14,17			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

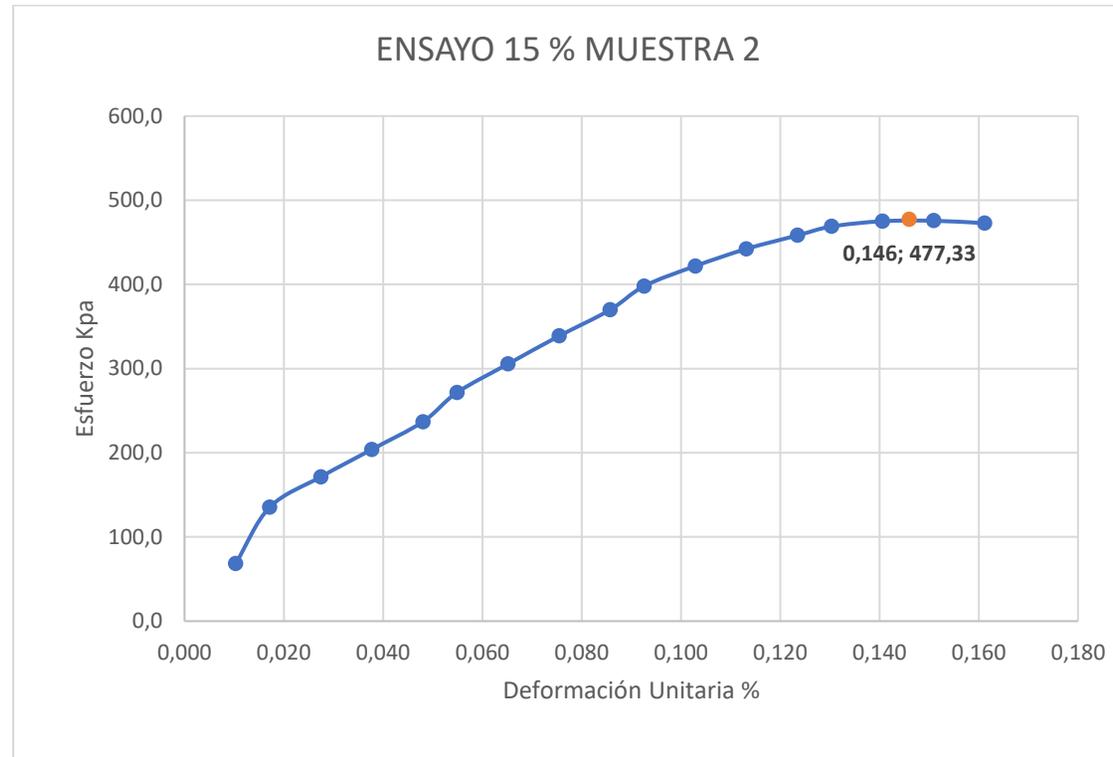
FUENTE: AUTORES

TABLA 70 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 2

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO MUESTRA 2 - 15 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m2)	ESFUERO (Kpa)
0	0	0	0	0	0	0,000982562	0
30	0,003	0,00762	15,07	0,06703	0,0102890	0,000982663	68,22
60	0,005	0,0127	29,88	0,13291	0,0171483	0,000982731	135,25
90	0,008	0,02032	37,87	0,16845	0,0274372	0,000982832	171,40
120	0,011	0,02794	45,07	0,20048	0,0377262	0,000982933	203,96
150	0,014	0,03556	52,35	0,23286	0,0480151	0,000983034	236,88
180	0,016	0,04064	60	0,26689	0,0548744	0,000983102	271,48
210	0,019	0,04826	67,52	0,30034	0,0651634	0,000983203	305,48
240	0,022	0,05588	74,87	0,33304	0,0754523	0,000983304	338,69
270	0,025	0,0635	81,76	0,36369	0,0857413	0,000983405	369,82
300	0,027	0,06858	88	0,39144	0,0926006	0,000983473	398,02
330	0,03	0,0762	93,27	0,41489	0,1028895	0,000983574	421,81
360	0,033	0,08382	97,78	0,43495	0,1131785	0,000983675	442,17
390	0,036	0,09144	101,34	0,45078	0,1234675	0,000983777	458,22
420	0,038	0,09652	103,69	0,46124	0,1303268	0,000983844	468,81
450	0,041	0,10414	105,08	0,46742	0,1406157	0,000983946	475,05
480	0,044	0,11176	105,22	0,46804	0,1509047	0,000984047	475,63
510	0,047	0,11938	104,6	0,46528	0,1611936	0,000984148	472,78

FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 50 GRÁFICA DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 2



FUENTE: AUTORES

TABLA 71 RESULTADO COMPRESIÓN MUESTRA DE SUELO 3 DEL 15 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>				
	FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020	PESO MOLDE	682,74	gr
	NORMA INVE 152 - 13	HUMEDAD ÓPTIMA	14,63	%
	LABORATORIO DE GEOTECNIA	DIÁMETRO MOLDE	3,443	cm
	SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES	ALTURA MOLDE	7,352	cm
		VOLUMEN MOLDE	79,48	cm <sup>3</sup>
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA DE SUELO MUESTRA 3 - 15 %</b>				
DIAMETRO (mm)	35,31	ESQUEMA DE FALLA 		
ALTURA (mm)	74,72			
DIAMETRO (cm)	3,53			
ALTURA (cm)	7,47			
PESO In (gr)	128,72			
PESO wh (gr)	128,3			
PESO ws (gr)	113,04			
VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	73,15			
AREA (cm <sup>2</sup> )	9,79			
AREA (mm <sup>2</sup> )	979,05			
W AGUA (gr)	15,26			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13,5			
VELOCIDAD (in /m)	0,029			
CELDA (lbf)	250			

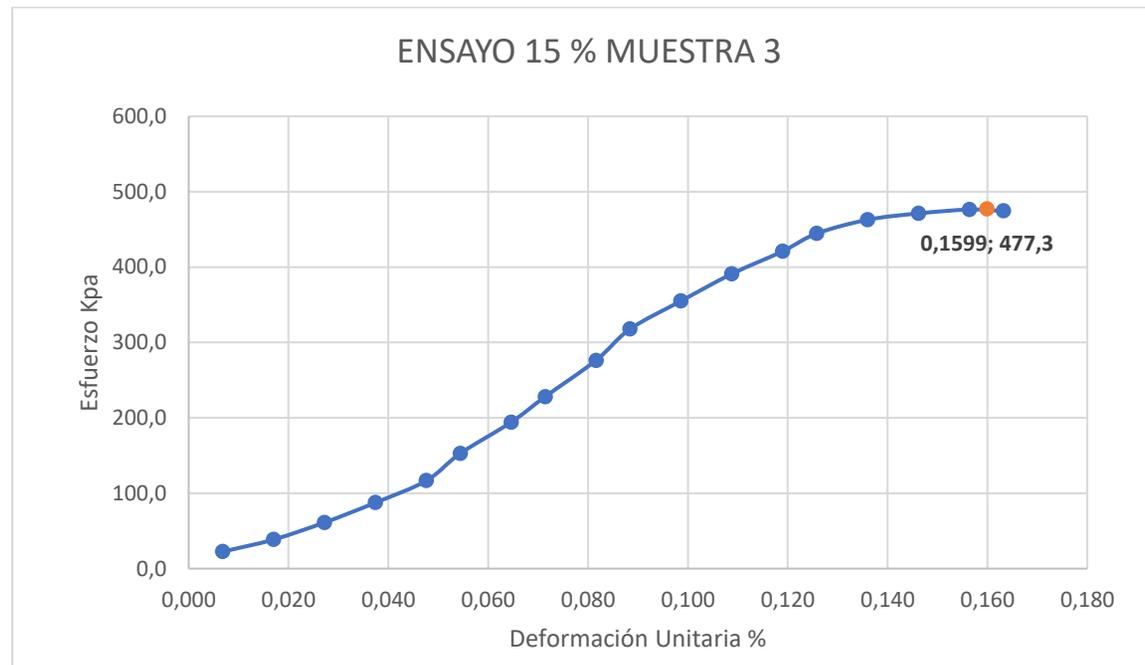
FUENTE: AUTORES

TABLA 72 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 3

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO MUESTRA 3 - 15 %</b>							
<b>TIEMPO</b>	<b>DEFORMACION (in)</b>	<b>DEFORMACION (mm)</b>	<b>CARGA (lbf)</b>	<b>CARGA (KN)</b>	<b>DEFORMACIÓN UNITARIA (%)</b>	<b>AREA CORREGIDA(m2)</b>	<b>ESFUERO (Kpa)</b>
0	0	0	0	0	0	0,00097905	0
30	0,002	0,00508	4,94	0,021974	0,00679902	0,00097911	22,443
60	0,005	0,0127	8,49	0,037765	0,01699755	0,00097921	38,567
90	0,008	0,02032	13,46	0,059873	0,02719607	0,00097931	61,138
120	0,011	0,02794	19,26	0,085673	0,03739460	0,00097941	87,474
150	0,014	0,03556	25,68	0,114230	0,04759313	0,00097951	116,620
180	0,016	0,04064	33,65	0,149683	0,05439215	0,00097958	152,803
210	0,019	0,04826	42,77	0,190250	0,06459068	0,00097968	194,197
240	0,021	0,05334	57,69	0,256618	0,07138969	0,00097975	261,923
270	0,024	0,06096	60,86	0,270719	0,08158822	0,00097985	276,287
300	0,026	0,06604	69,99	0,311331	0,08838724	0,00097991	317,713
330	0,029	0,07366	78,2	0,347851	0,09858577	0,00098001	354,945
360	0,032	0,08128	86,14	0,383170	0,10878430	0,00098011	390,945
390	0,035	0,0889	92,78	0,412706	0,11898282	0,00098021	421,037
420	0,037	0,09398	97,96	0,435748	0,12578184	0,00098028	444,514
450	0,04	0,1016	102	0,453719	0,13598037	0,00098038	462,799
480	0,043	0,10922	103,87	0,462037	0,14617890	0,00098048	471,235
510	0,046	0,11684	105,02	0,467152	0,15637743	0,00098058	476,404
540	0,048	0,12192	104,6	0,465284	0,16317644	0,00098065	474,467

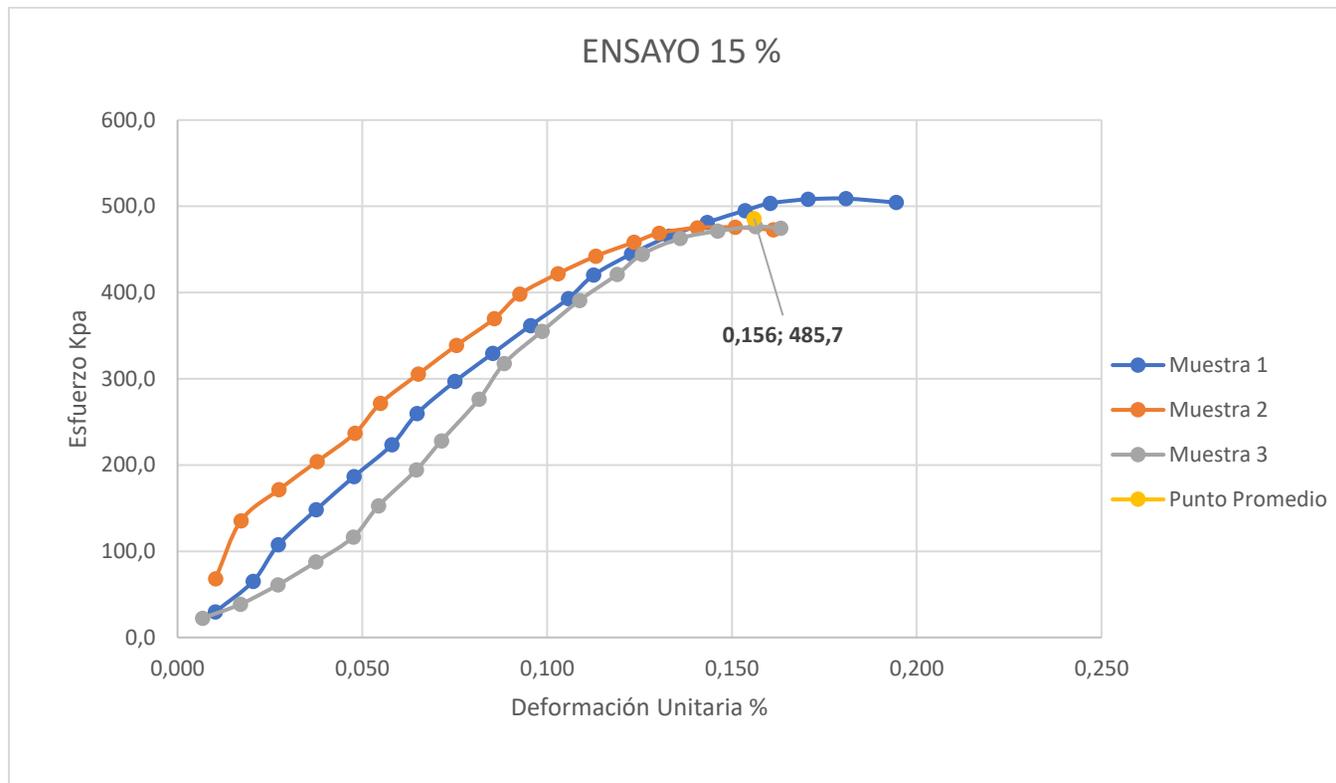
FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 51 GRÁFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE DEL 15 % MUESTRA 3



FUENTE: AUTORES

ILUSTRACIÓN 52 GRÁFICA DE CONSOLIDACIÓN SIMPLE DEL 15 %



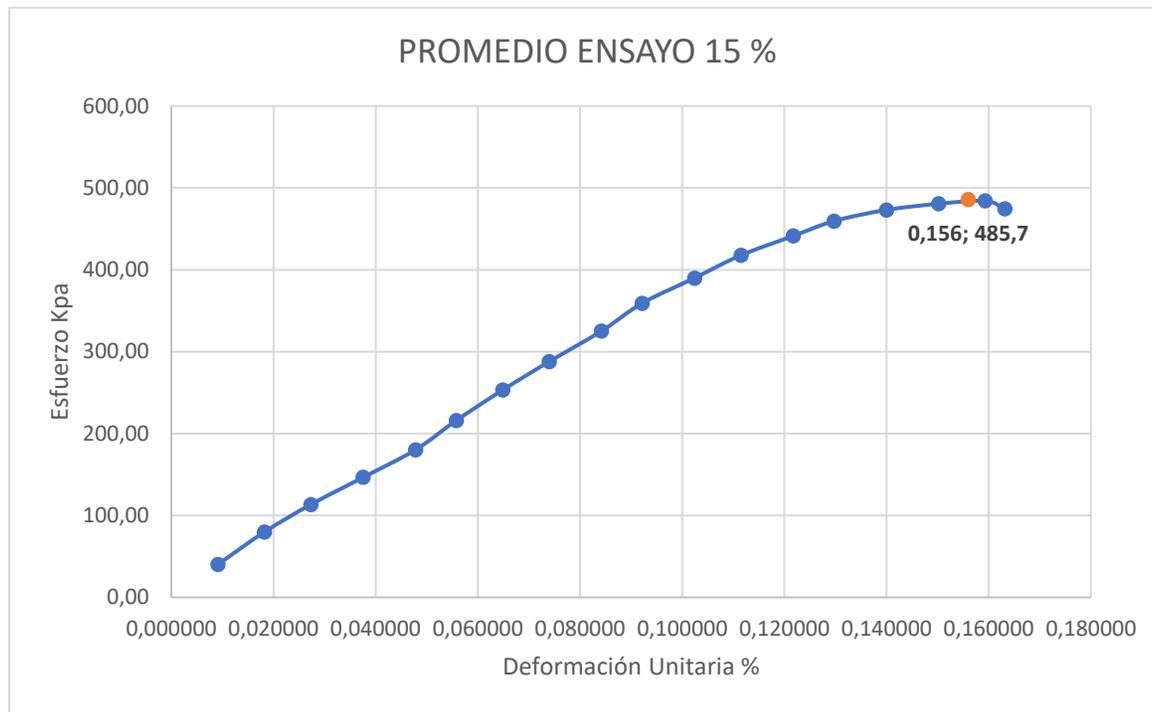
FUENTE: AUTORES

TABLA 73 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 15 %

<b>ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ANTES Y DESPUÉS DE LA ADICIÓN DE HUACALES DE TRANSPORTE FRACTURADOS HECHOS DE MATERIAL PEAD</b>							
			FECHA: 21 DE FEBRERO DEL 2020				
			NORMA INVE 152 - 13				
			LABORATORIO DE GEOTECNIA				
			SUSAN CÉSPEDES CALDERÓN - DANIEL JOSE REYES				
<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELO PROMEDIO DEL 15 %</b>							
TIEMPO	DEFORMACION (in)	DEFORMACION (mm)	CARGA (lbf)	CARGA (KN)	DEFORMACIÓN UNITARIA (%)	AREA CORREGIDA(m <sup>2</sup> )	ESFUERO (Kpa)
0	0,00000	0,0000	0,00	0	0	0,00098232	0
30	0,00267	0,0068	8,87	0,03944	0,0091077	0,00098241	40,14
60	0,00533	0,0135	17,61	0,07832	0,0182053	0,00098250	79,68
90	0,00800	0,0203	25,05	0,11141	0,0273089	0,00098259	113,33
120	0,01100	0,0279	32,39	0,14406	0,0375498	0,00098269	146,53
150	0,01400	0,0356	39,80	0,17704	0,0477906	0,00098279	180,06
180	0,01633	0,0415	47,72	0,21227	0,0557551	0,00098286	215,89
210	0,01900	0,0483	55,95	0,24889	0,0648587	0,00098295	253,13
240	0,02167	0,0550	66,12	0,29412	0,0739664	0,00098304	299,15
270	0,02467	0,0627	71,89	0,31977	0,0842072	0,00098314	325,19
300	0,02700	0,0686	79,40	0,35320	0,0921717	0,00098322	359,18
330	0,03000	0,0762	86,21	0,38348	0,1024125	0,00098332	389,94
360	0,03267	0,0830	92,37	0,41087	0,1115161	0,00098341	417,76
390	0,03567	0,0906	97,59	0,43409	0,1217570	0,00098351	441,34
420	0,03800	0,0965	101,61	0,45200	0,1297214	0,00098359	459,51
450	0,04100	0,1041	104,61	0,46534	0,1399623	0,00098369	473,04
480	0,04400	0,1118	106,31	0,47289	0,1502031	0,00098379	480,65
510	0,04667	0,1185	107,10	0,47642	0,1593068	0,00098388	484,20
540	0,04800	0,1219	104,60	0,46528	0,1631764	0,00098065	474,47

FUENTE AUTORES

ILUSTRACIÓN 53 ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE PROMEDIO DEL 15 %



FUENTE: AUTORES