



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CORRELACION MODULO DE ELASTICIDAD vs GRADO DE COMPACTACION PARA RELLENOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÒLICA ANDRÈS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR:

José Daniel Brazón Pérez

Luis José Rangel Salcedo

PROFESOR GUÌA:

Ing. Alvaro Boiero

FECHA:

Caracas, junio de 2019



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

CORRELACION MODULO DE ELASTICIDAD vs GRADO DE COMPACTACION PARA RELLENOS

Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha
evaluado su contenido con el resultado de: Diecinueve (19).

Heriberto Echezuria

Roque García

Alvaro Boiero



TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR:

José Daniel Brazón Pérez

Luis José Rangel Salcedo

PROFESOR GUÍA:

Ing. Alvaro Boiero

FECHA:

Caracas, junio de 2019

AGRADECIMIENTOS

Luis Rangel

Agradezco principalmente a mis padres Luis Arcadio Rangel y Edith Salcedo por brindarme siempre su apoyo y enseñarme que todo es posible si uno se lo propone y toda meta es posible con dedicación.

A todos mis amigos cercanos y esas personas que estuvieron en los peores momentos de desesperación y estrés, siempre me brindaron ánimos y apoyo confiando en que lo lograría y que siempre seguiría adelante.

Gracias a nuestro Tutor, el Ingeniero Alvaro Boiero por brindarnos tanto apoyo, conocimiento, tiempo y paciencia. Por permitirnos realizar nuestro trabajo especial de grado bajo su tutela.

A todo el equipo de trabajo que conforman los técnicos de laboratorio de la empresa AMUNDARAY INGENIERIA GEOTECNIA, C.A, en especial a José Contreras, Jesús y el Sr Juan, que sin ellos no hubiera sido posible realizar este estudio.

José Daniel Brazón Pérez

Agradezco a mis padres Yenny Pérez y José Gregorio Brazón por su cariño, entrega, apoyo y dedicación durante cada etapa de mi vida, especialmente durante mi carrera universitaria. Gracias a ellos llegue a ser la persona que soy y esto me ha permitido alcanzar este primer gran logro en mi vida.

Agradezco especialmente a mi compañera de vida Miccet Contreras por siempre estar ahí para mí, dándome el ánimo que siempre necesite, apoyándome en cada momento difícil durante este camino, y agradezco poder contar con ella por el resto de etapas que me quedan por vivir, todas junto a ella.

Agradezco a mi compañero Luis José Rangel por compartir esta experiencia conmigo, por tanto esfuerzo y dedicación en este trabajo y por todos los buenos momentos, al igual que su buen ánimo en los momentos malos y por ser un excelente compañero y amigo. Espero podamos trabajar en nuevos proyectos.

Gracias a nuestro Tutor, el Ingeniero Alvaro Boiero por brindarnos el apoyo que siempre necesitamos y su ánimo en cada momento de dificultad. Por permitirnos realizar nuestro trabajo especial de grado bajo su tutela.

A todo el equipo de trabajo que conforman los técnicos de laboratorio de la empresa AMUNDARAY INGENIERIA GEOTECNIA, C.A, a Jesús, el Sr. Juan y a José Contreras, por su apoyo incondicional, su buena disposición y amistad.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	II
INDICE	IV
INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE GRAFICOS	VIII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCION	1
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Antecedentes	4
1.3 Alcance y limitaciones.....	6
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos específicos	7
CAPITULO II: MARCO TEORICO	8
2.1 Compactación del suelo	8
2.2 Contenido de agua	12
2.3 Energía de compactación	13
2.4 Curva de compactación.....	14
2.5 Módulo de elasticidad o Modulo de Young.....	17
2.6 Ensayo Triaxial	18
2.6.1 Definición.....	18
2.6.2 Tipos de ensayo	19
2.6.3 Descripción del equipo	20
2.6.4 Procedimiento de ensayo	22
2.6.5 Velocidad del ensayo	24
2.6.6 Esfuerzo normal o presión de confinamiento.....	25
2.6.7 Presentación de resultados	25
2.7 Ensayo de Carga de Placa	26

2.7.1	Definición.....	26
2.7.2	Tipos de ensayo	26
2.7.3	Descripción del equipo	27
2.7.4	Procedimiento de ensayo	28
2.7.5	Velocidad del ensayo	30
2.7.6	Presentación de resultados	30
2.8	Diferencia porcentual	31
CAPITULO III: METODOLOGIA		33
3.1	Tipo de investigación.....	33
3.2	Diseño de investigación.....	33
3.3	Muestreo	33
3.4	Etapas de ensayos	34
3.4.1	Clasificación.....	34
3.4.2	Ensayos triaxiales	34
3.4.2.1	Variables de ensayo	35
3.4.2.2	Aplicación de esfuerzos	35
3.4.2.3	Velocidad de ensayo	36
3.4.2.4	Procedimiento General.....	36
3.4.2.5	Confección de la Probeta.....	37
3.5	Calculo del Módulo por Método Grafico	40
3.6	Determinación del Módulo de Young mediante prueba de plato	42
Capitulo IV: Presentación y análisis de resultados.....		43
4.1	Análisis de Resultados: Ensayos de Clasificación	43
4.2	Análisis de Resultados: Ensayos Triaxiales.....	43
4.3	Análisis de resultados adicionales	44
4.3.1	Correlación “ <i>Módulo de elasticidad vs Porcentaje de asentamiento</i> ” determinado mediante pruebas de plato.....	45
4.3.1	Comparación entre <i>E</i> determinados en laboratorio (Ensayos TX UU con <i>E</i> determinados en campo Pruebas de plato).....	46
Conclusiones.....		54
Recomendaciones		56
Bibliografía.....		57

INDICE DE TABLAS

Tabla III-1 Tiempo mínimo de reposo (<i>fuentes:</i> ASTM D3080, 2011)	36
Tabla III-2 Nro de golpes necesarios para % de Densidad deseado (<i>Fuente:</i> propia) 39	
Tabla IV-1 Planilla tipo de resultado de ensayos de clasificación	43

INDICE DE FIGURAS

Figura II- 1. Curva de compactación típica (<i>Fuente: Sangüés</i>).....	16
Figura II- 2 Equipo triaxial (<i>Fuente: propia, laboratorio AIG c.a</i>).....	21
Figura II- 3 Equipo triaxial (<i>Fuente: propia, laboratorio AIG c.a</i>).....	21
Figura II-4 Curva Carga vs Asentamiento (Prueba de plato).....	31
Figura III-1 Curva Porcentaje de densidad vs Nro de golpes (<i>Fuente: propia</i>)	39
Figura III-2 Elementos utilizados para la confección de la probeta (<i>Fuente: Propia</i>)	40
Figura III-3 Aplicación del Método Grafico. Probeta #37-92% (<i>Fuente: Propia</i>)	41

INDICE DE GRAFICOS

Grafico IV-1 Modulo de elasticidad (laboratorio) vs Grado de compactación.....	47
Grafico IV-2 $E_{50} \pm$ Desviacion estandar vs Grado de compactacion	48
Grafico IV-3 $E_0 \pm$ Desviacion estandar vs Grado de compactacion	49
Grafico IV-4 Diferencia porcentual entre E_{50} y E_0 vs Grado de compactacion	50
Grafico IV-5 Modulo de elasticidad (Pba. Plato) vs Porcentaje de deformación total	51
Grafico IV-6 Modulo de elasticidad (Pba. Plato) $\pm$ Desviacion estandar vs Porcentaje de deformación total	52
Grafico IV-7 Diferencia porcentual entre E laboratorio con Ecampo (según % ρ).	¡Error! Marcador no definido.2

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERA

ESCUELA DE INGENIRIA CIVIL

**CORRELACION MODULO DE ELASTICIDAD vs GRADO DE
COMPACTACION PARA RELLENOS**

RESUMEN

Los suelos poseen tres parámetros esenciales para el desarrollo de cualquier proyecto de Geotecnia, particularmente para estimar el comportamiento de las futuras fundaciones de cualquier estructura que se apoyará en los mismos. Tales parámetros son el ángulo de fricción interna, la cohesión y el módulo de Young. Para los primeros dos parámetros, se dispone de una correlación que permite la determinación de los mismos para materiales de relleno con diferentes grados de compactación. Sin embargo, en vista de que actualmente no se cuenta con correlaciones para estimar el módulo de deformación para materiales de relleno, a lo largo de este trabajo especial de grado se desarrolló la correlación *Modulo de elasticidad vs grado de compactación* para rellenos compactados, y así facilitar la obtención de dicho parámetro. Esta correlación se considera de suma importancia práctica, ya que suele haber gran variación de criterios al momento de determinar los parámetros elásticos para estimar las deformaciones del relleno, lo cual puede resultar en la subestimación o sobrestimación en el diseño definitivo de futuras cimentaciones (tales como las usualmente construidas en plantas industriales o parcelamientos para viviendas, por ejemplo). Para realizar dicha correlación se conformaron muestras en laboratorio para simular materiales compactados y se ejecutaron ensayos triaxiales, variando el grado de compactación. A partir de los módulos de deformación obtenidos de dichos ensayos, se obtuvo la curva antes mencionada..

INTRODUCCION

En Mecánica de Suelos, es común el empleo de correlaciones para estimar parámetros geomecánicos de diferentes tipos de suelos naturales, basándose en el tipo de material, clasificación, propiedades índice o resultados de ensayos *in situ*. Sin embargo, no es usual disponer de tal tipo de correlaciones para materiales de relleno.

Al igual que para suelos naturales, en el cálculo y diseño de fundaciones que se apoyarán en rellenos estructurales es primordial el conocimiento de los parámetros fundamentales asociados a la resistencia al corte y a la deformabilidad de los mismos. En este punto, es importante considerar que no siempre es posible determinar tales parámetros mediante ensayos de laboratorio o de campo, debido a limitaciones a nivel de anteproyecto, falta de préstamos por motivos legales o desconocimiento de la ubicación de los mismos al momento de realizar el estudio geotécnico.

Con respecto a estudios realizados para permitir la estimación de estos parámetros, en Venezuela se cuenta con el estudio de la correlación de *Angulo de fricción interna y cohesión con el grado de compactación para rellenos* (Almeida, 2016). En vista de ello, la presente investigación tiene como objetivo obtener la correlación *Modulo de elasticidad vs Grado de compactación* para rellenos de materiales granulares, a fin de complementar el trabajo antes mencionado, y contar así con una herramienta que permita estimar los asentamientos en rellenos estructurales.

Esta investigación consistió en un diseño de laboratorio experimental con enfoque cualitativo. Durante la misma, se realizaron ensayos triaxiales sobre probetas confeccionadas a diferentes grados de compactación, manteniendo el porcentaje de humedad cercano al nivel óptimo, empleando un material que clasifica como A-2-4 extraído de un único préstamo según el Sistema de Clasificación

AASHTO. Cabe mencionar que se empleó este material por ser un tipo de material usualmente empleado para movimientos de tierra y elaboración de rellenos estructurales, siguiendo las recomendaciones de la normativa vigente. Los ensayos triaxiales fueron realizados bajo condiciones no drenadas, dado que es el caso de carga más común para el análisis de fundaciones.

La investigación se complementó con el estudio de la variación entre el módulo de elasticidad obtenido en laboratorio y el obtenido en campo mediante data de resultados obtenidos de ensayos de prueba de plato efectuados por la empresa Amundaray Ingeniería Geotécnica, C.A. en rellenos compactados. En este punto, cabe destacar que, si bien esta comparación no forma parte de los objetivos de esta investigación, se consideró oportuno llevarla a cabo, a fin de analizar la variabilidad entre ensayos realizados en laboratorio y en campo sobre el mismo tipo de material.

La investigación se divide en cinco (5) capítulos.

Capítulo I, se presenta el planteamiento del problema de la investigación, la propuesta de trabajo, antecedentes, alcances, limitaciones y los objetivos de la investigación.

Capítulo II, se exponen las bases teóricas que sustentan la investigación: teorías de compactación, energía de compactación, contenido de humedad del suelo, Módulo de elasticidad, ensayo triaxial, su definición, tipos de ensayo, descripción del equipo, procedimiento, velocidad, presentación de los resultados, así como también fueron explicados estos puntos para el ensayo de carga de placa.

Capítulo III, en este se establece el tipo y diseño de la investigación, así como el muestreo utilizado, etapa de ensayos: ensayos de clasificación y triaxiales, variables de ensayo, procedimiento utilizado, confección de probeta y cálculo del módulo de elasticidad mediante el método gráfico.

Capítulo IV, enfocado a la presentación y análisis de resultados.

Capítulo V, Se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del problema

Para cualquier proyecto de ingeniería es necesario alcanzar un amplio conocimiento de las propiedades del terreno sobre el cual se instalarán las estructuras que formarán parte del mismo. En muchos casos, dichos terrenos deben ser rellenos compactados. Los parámetros geomecánicos más importantes, que rigen el comportamiento del terreno ante sollicitaciones externas, son el ángulo de fricción interna, la cohesión y el módulo de elasticidad. En los proyectos de geotecnia, adquirir los parámetros geomecánicos de un material con el que se conformará un relleno es una práctica compleja, debido a que durante la ejecución de un proyecto geotécnico, generalmente no se dispone de mayor información referente al material a emplear, y por ende no es usual realizar ensayos de laboratorio que permitan obtener los parámetros geomecánicos antes mencionados. Debido a lo anterior, para la estimación de parámetros geomecánicos de materiales de relleno, generalmente se emplean correlaciones basadas en el tipo de material y su clasificación, siempre apoyadas en el criterio de un profesional de experiencia para su interpretación.

Durante el año 2016, se desarrolló una TEG en la UCAB, en la cual se realizó un estudio para obtener una correlación entre el ángulo de fricción interna y la cohesión para diferentes grados de compactación. Sin embargo, para el caso del módulo de elasticidad, no se han realizado estudios que permitan la estimación del mismo para rellenos compactados.

Con el fin de agregar objetividad a esta práctica y proporcionar una herramienta que facilite la estimación del comportamiento de fundaciones apoyadas

sobre rellenos, se propone obtener la correlación *Módulo de Elasticidad vs Grado de Compactación* para rellenos de materiales predominantemente granulares.

1.2 Antecedentes

Hasta mediados de la década de 1950, los ingenieros desarrollaban análisis de capacidad de carga de fundaciones de manera rutinaria para los proyectos. Sin embargo, durante ese periodo, muchos ingenieros observaron que una fundación diseñada con un factor de seguridad adecuado contra la falla por corte, no implicaba necesariamente que no se pudiera generar un asentamiento excesivo de la misma. De igual forma, aun cuando se disponía de métodos para efectuar análisis de asentamientos, tales análisis, si se realizaban, eran considerados secundarios (Hough, 1959, CP Coduto, 1994). A partir de estas observaciones, Hough y otros autores recalcaron que los análisis de capacidad y asentamientos no iban de la mano, y que era imprescindible realizar análisis de asentamientos de manera independiente. Actualmente, se sabe que los asentamientos frecuentemente dominan el diseño de fundaciones superficiales, y que el análisis de capacidad portante es, de hecho, secundario.

Debido a razones prácticas, es conveniente tratar al suelo como un material pseudo-elástico, con parámetros “elásticos” como E (módulo de Young), G (Modulo de corte), μ (relación de Poisson) y k_s (coeficiente de balasto vertical) para estimar asentamientos. Este enfoque resulta razonable debido a que los cambios de estado de esfuerzos en el terreno generan deformaciones, y mayores cambios de esfuerzos generan mayores deformaciones. Asimismo, la experiencia indica que esta metodología provee soluciones satisfactorias en la práctica (Bowless, 1996).

Kulhawy, F. & Mayne, P. (1990) desarrollaron el trabajo *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*. Este manual se enfoca en las necesidades de los ingenieros involucrados en el diseño geotécnico de cimientos.

Cuando no sea posible medir directamente los parámetros de suelo necesarios, se deberán realizar estimaciones a partir de otros datos disponibles, como los resultados de las pruebas de índice de laboratorio y las pruebas *in situ*. Este manual recopila las correlaciones publicadas mejor fundamentadas para estimar los parámetros del suelo. En muchos casos, las correlaciones existentes se han actualizado con nuevos datos, y se han desarrollado nuevas correlaciones donde hay suficientes datos disponibles. En el manual se pueden conseguir múltiples correlaciones, entre ellas algunas relacionadas con el módulo de Young de suelos cohesivos sin drenar y de suelos granulares con drenaje. Sin embargo no se incluyen correlaciones para materiales de relleno.

Robertson, P. & Campanella, R. (1983) presentaron el trabajo *SPT-CPT Correlations - Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 109, No. 11, 1449-1459*. Presentaron un método para estimar los valores N equivalentes de la prueba de penetración estándar (SPT) a partir de los datos de la prueba de penetración de cono (CPT), que tienen en cuenta las variaciones en el tamaño de grano del suelo y la entrada de energía de SPT. Se brinda una discusión sobre los problemas asociados con el SPT y cómo estos se relacionan con las correlaciones SPT-CPT. Una revisión histórica de las correlaciones SPT-CPT se presenta con datos recientes adicionales que incluyen mediciones de energía durante el SPT. Los autores analizaron la relación existente entre el módulo de Young secante drenado al 50% y al 25% del esfuerzo de falla, E_{d50} y E_{d25} , respectivamente, con la resistencia por punta del cono q_c , para diferentes niveles de esfuerzo efectivo vertical. Este estudio se realizó en suelos friccionantes, fundamentalmente en arenas normalmente consolidadas. No se incluyen correlaciones para materiales de relleno.

En el 2016 en la Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela. Almeida J, realizó una investigación en la cual se determinaron las correlaciones *Ángulo de Fricción Interna y Cohesión vs Grado de Compactación* para un suelo friccionante y un suelo cohesivo. De acuerdo a tales correlaciones, resulta evidente el incremento de los parámetros geomecánicos del suelo ángulo de fricción interna y

cohesión, con el incremento del grado de compactación del suelo. Esta investigación no incluyó dentro de sus alcances la determinación del módulo de elasticidad para rellenos.

De acuerdo a lo anterior, aun cuando existen numerosas correlaciones para suelos cohesivos y friccionantes, en la actualidad no se dispone de una herramienta que proporcione los valores del parámetro módulo de elasticidad de un material de relleno con diferentes grados de compactación.

1.3 Alcance y limitaciones

Para obtener la correlación existente entre el módulo de elasticidad y el grado de compactación, se realizarán ensayos de laboratorio de compactación (ensayo Proctor modificado) y triaxiales no consolidados no drenados (TX UU) sobre materiales clasificados como A-2-4 según el Método de Clasificación de la ASSHTO.

Limitantes de la investigación:

-Las muestras a ensayar no son muestras impertubadas tomadas de calicatas realizadas en rellenos compactados, sino que son muestras conformadas en el laboratorio con el fin de simular materiales compactados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Obtener la correlación módulo de elasticidad vs grado de compactación para rellenos que clasifiquen como material A-2-4.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la curva esfuerzo vs deformación a partir de ensayos TX UU (no consolidados no drenados), realizados sobre muestras preparadas a densidades y contenidos de humedad representativos de diferentes grados de compactación.
- Estimar el módulo de elasticidad para cada una de las curvas esfuerzo-deformación obtenidas de ensayos TX UU realizados.
- Desarrollar la curva *Módulo de Elasticidad vs Grado de Compactación*.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

En la naturaleza, las masas de suelo se hallan constituidas por partículas sólidas y vacíos, llenos de aire o bien de agua. Para la realización de un relleno se emplea material extraído de sitios de préstamo. Dicho material no puede re-depositarse como material suelto, debido a que sufriría deformaciones importantes bajo cargas de servicio que colocarían al relleno y a las estructuras apoyadas en el mismo en una situación de riesgo. Es por ello que toda porción de suelo destinada a ser empleada para rellenos debe ser compactada, con la finalidad de disminuir los vacíos e incrementar sus propiedades ingenieriles, como la rigidez y resistencia al corte.

2.1 Compactación del suelo

La compactación del suelo es todo proceso que genere la densificación de la masa de suelo por medios mecánicos. Cuando se compacta un suelo se busca mejorar sus propiedades en términos de resistencia, compresibilidad y comportamiento esfuerzo-deformación. Las ventajas de la compactación principalmente son la disminución de asentamientos considerables de la masa de suelo bajo la aplicación de cargas y con ello la disminución de los asentamientos de las estructuras que se cimenten sobre él, debido a que durante la compactación se disminuye el volumen de aire y se incrementa la fricción entre partículas. Así mismo aumenta la resistencia al corte del suelo, su compacidad es mayor y se obtiene un suelo más impermeable (Ugas, 1985). La eficiencia de la compactación depende de diversas variables, siendo las más relevantes el contenido de agua y la energía de compactación. . Con el paso de los años han sido muchas las teorías que se han desarrollado sobre el efecto de la compactación, específicamente en rellenos, y el comportamiento de las partículas que lo componen.

Las primeras investigaciones que se realizaron a principios del siglo pasado y que han sido de gran relevancia, son las aportadas por el ingeniero Ralph R. Proctor (1933). Proctor sostiene que la humedad en un suelo relativamente seco crea efectos capilares, lo que evita que se produzca fricción entre las partículas, manteniéndolas unidas gracias a la cohesión, lo que favorece a la densificación del suelo. Así, para contenidos de humedad relativamente bajos, se obtiene un relleno firme y duro. A medida que aumenta el contenido de humedad, hay una mayor reorganización de las partículas debido al aumento de la lubricación. Esto da como resultado un suelo de mayor densidad pero menos firme. Este proceso continua hasta que la humedad ocupa el mayor volumen de vacíos posibles y queda una cantidad de aire que compactación no puede eliminar, en este punto se llega a la densidad máxima.

Por otro lado, Hogentogler (1936) consideró que la forma de la curva de compactación refleja cuatro etapas de humedecimiento: hidratación, lubricación, hinchazón y saturación del suelo. Según su criterio, en la etapa de hidratación el agua empieza a llenar los vacíos y se adhiere a la superficie de las partículas, por lo que considera que esta agua era viscosa y pegajosa. La etapa de lubricación permite una mejor reorganización de las partículas, y el aire contenido es desplazado. Hogentogler denominó al contenido máximo de humedad de esta etapa como *límite de lubricación*. En este punto se alcanza el contenido de humedad óptimo, lo que coincide con la densidad máxima que puede alcanzar el suelo. Cuando el contenido de agua sobrepasa este punto de lubricación, el suelo entra en una etapa de expansión, en la que el agua desplaza las partículas de suelo, y finalmente, al añadir más agua y compactar, se consigue saturar completamente el suelo, desplazando el aire dentro de él y haciendo que la curva de compactación coincida con la curva de *100% de saturación*. Adicionalmente, determinó que el fenómeno del agua viscosa solo ocurre en un espesor de unas cuantas moléculas, por lo que su aplicación en campo es prácticamente inviable, por la precisión y exactitud que se requeriría, lo cual no es realista.

Por otro lado, Hilf (1956), se basó en la teoría de las presiones del agua en los poros en suelos parcialmente saturados, para proporcionar la base para una comprensión del proceso de compactación y de la importancia del control de humedad y densidad de los terraplenes. La forma de la curva de compactación se explica por los conceptos de presión capilar y aire en los poros. Los suelos secos son difíciles de compactar porque la fuerza de fricción causada por la significativa curvatura de los meniscos resiste el esfuerzo de compactación. Sin embargo, el aire se expulsa rápidamente porque los vacíos del material suelto son relativamente grandes. Cuando el suelo se compacta con un mayor contenido de agua, los meniscos se aplanan y no pueden resistir el esfuerzo de compactación. Por lo tanto, la densidad aumenta hasta que alcanza un punto máximo. La disminución de la densidad con el aumento del contenido de agua más allá del óptimo puede atribuirse a la captura de aire y la acumulación de presión de aire en los poros, lo que reduce la efectividad de la compactación.

Gilbert (1959) y Langfelder (1968), determinaron que los suelos de bajo grado de saturación poseen vacíos que están interconectados. Cuando el contenido de humedad es óptimo y el suelo se encuentra compactado, estos vacíos dejan de estar interconectados, por lo que la permeabilidad del aire es nula. Esto tiende a respaldar la teoría propuesta por Hilf, ya que las presiones negativas en las películas de humedad que rodean los granos del suelo se interconectan para los contenidos de agua utilizados en la compactación de campo, y estas presiones negativas actúan para dar como resultado una tensión de compresión efectiva en todo el conjunto del esqueleto del suelo. Bishop (1959-1960), luego de realizar una serie de investigaciones, indicó que la presión capilar puede no actuar completamente como una tensión efectiva, sino como una tensión menos efectiva por un factor X , que se dice que varía con el grado de saturación (0 para un suelo completamente seco y 100 para un suelo completamente saturado). La medición de este factor X no se puede realizar directamente y se ha encontrado que es difícil de determinar.

Lambe (1960), basó su teoría en la química en la superficie de las partículas. La floculación generada por los electrolitos presentes en un suelo con bajo contenido de agua causa bajas densidades. Cuando se agrega agua, disminuye la acción de los electrolitos, lo que genera la formación de la doble capa, y una mayor dispersión de las partículas. Esto permite que las partículas deslicen entre ellas, lo que favorece a la densificación del suelo. Lambe considero el término “lubricación” para describir correctamente el efecto de agregar agua al suelo.

Olson (1963), orientó su investigación utilizando la teoría de esfuerzos efectivos. Cuando ocurre un aumento en la humedad presente en el suelo, se generan mayores presiones de aire de poros y presiones de agua de poros. Estas presiones ocasionan disminuciones en las tensiones efectivas entre las partículas de suelo, debilitándolo. Las partículas deslizan entre ellas y va aumentando progresivamente la tensión efectiva, a medida que las capas son colocadas y compactadas, hasta alcanzar la tensión efectiva necesaria. Eventualmente, el aumento del contenido de agua puede ocasionar una discontinuidad en los canales de aire, por lo que este queda atrapado y la permeabilidad del aire en el suelo se reduce a cero, por lo que resulta imposible una mayor densificación. En ese punto se alcanza el contenido de humedad óptimo.

Barden y Sides (1970), enfocaron su investigación en analizar la estructura de una arcilla magra a nivel microscópico y estudiar su comportamiento al ser compactada. Pudieron observar que la presencia de macroporos llenos de aire son la razón de la forma de la curva de compactación. Al comienzo, una baja humedad hace que estén presentes grandes vacíos de aire que poseen una alta resistencia, siendo capaces de resistir las presiones de compactación, lo que resulta en una baja densidad seca. A medida que aumenta el contenido de humedad, los macroporos se vuelven más húmedos y más fáciles de comprimir, por lo que al ser compactado el suelo, éstos van disminuyendo su tamaño y el suelo aumenta su densidad. Mientras más veces sea compactada, más agua ocupa el espacio de los macroporos hasta que éstos desaparecen. Al desaparecer, el contenido de humedad es el óptimo y se alcanza la

densidad seca máxima, las capas de agua sobre las partículas aumentan su espesor y los vacíos de aire se vuelven discontinuos.

2.2 Contenido de agua

La lubricación del suelo, es decir la humedad que requiere para formar una película de agua que favorezca la compactación del suelo, es fundamental durante el proceso. Un alto contenido de agua puede reducir los efectos de compactación. Es por ello que Ugas (1985) afirma que se hace necesario calcular debidamente la cantidad de agua, o sea la humedad óptima que debe tener un suelo, a fin de obtener una buena lubricación que permita, al compactarlo, alcanzar la mayor densidad posible, es decir, la densidad máxima.

El comportamiento del suelo al ser compactado está muy relacionado con el contenido de agua presente en él. Las investigaciones realizadas a lo largo del siglo XX dan como factor más importante el agua presente en el suelo y la resistencia que ésta le otorga. A partir de la información presentada en el apartado 2.1, la explicación más probable es la tensión efectiva causada por la capilaridad (Hilf, 1956; Olson, 1963; Barden y Sides, 1970), mientras que las teorías de lubricación y agua viscosa dejan de ser relevantes. Esta tensión efectiva proporciona al suelo unión entre sus partículas, por lo que resultan difíciles de compactar. A medida que se le agrega más agua, se facilita el proceso de compactación. Barden y Sides, luego de analizar el comportamiento de la arcilla a nivel microscópico, demostraron que el límite de efectividad en el proceso de compactación puede ser la causa de la oclusión o discontinuidad de las rutas de aire, lo que impide la expulsión del aire y favorece la generación de presiones de poros de aire que resisten la compactación.

2.3 Energía de compactación

Es la energía aplicada a una masa de suelo por unidad de volumen durante el proceso de compactación.

En campo, la energía de compactación que se puede aplicar a un suelo depende del procedimiento de compactación utilizado. Existen diversas formas de compactar el suelo en campo, siendo las más comunes por amasado, por presión, por impacto, entre otros. En general, la energía de compactación de cada método depende principalmente del área de contacto entre el instrumento (rodillo, pisón, placas, entre otros) y el suelo; del espesor de la capa que se compacte y del peso de los equipos. Adicionalmente, en el caso de uso de rodillos influyen también el número de pasadas y la presión; en el caso de compactación por impacto influye en mayor proporción la altura de caída del pisón; y en el caso de compactación por vibración las variables que más afectan el proceso son la frecuencia, la amplitud y el empuje dinámico (Rodríguez & Del Castillo, 1974). La variación de estos factores tiene influencia sobre la energía de compactación entregada al suelo.

Es importante mencionar que la densidad a obtener en campo se fija con base en una prueba de laboratorio, en la cual se reporta la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación, parámetros que deben ser empleados como patrón de compactación. En laboratorio la energía de compactación viene expresada por la siguiente ecuación:

$$EC = \frac{Nn Wm h}{V} \quad (1)$$

Donde,

EC: energía de compactación.

N: número de golpes por capa.

n: número de capas.

Wm: peso del martillo.

h: altura de caída del martillo.

V: volumen del molde de compactación.

La energía de compactación en laboratorio dependerá de estas variables, así como de la capacidad de deformación del suelo.

Resulta imposible, desde el punto de vista práctico, que la densidad obtenida en campo sea idéntica a la densidad patrón determinada en laboratorio. Es por ello que debe introducirse el concepto de grado de compactación. El grado de compactación viene expresado por la siguiente ecuación:

$$Gc\% = 100 \frac{\rho_d'}{\rho_{d\max}} \quad (2)$$

Donde,

Gc %: grado de compactación en porcentaje.

ρ_d' : Densidad seca obtenida en campo.

$\rho_{d\max}$: Densidad máxima seca obtenida en laboratorio.

La diferencia entre ambos valores, se mide a través del grado de compactación, que se define como la relación entre la densidad seca obtenida en campo y la densidad máxima seca obtenida en laboratorio (Rodríguez & Del Castillo, 1974).

2.4 Curva de compactación

Durante la colocación de un terraplén, el ingeniero debe tener los medios para determinar si la compactación especificada se está alcanzando adecuadamente, aun cuando las características del material de préstamo cambien de tiempo en tiempo

(Terzaghi & Peck, 1948); es por ello que se recurren a ensayos de compactación de laboratorio, los cuales se emplean como patrón de compactación para el material o mezcla de materiales que se están utilizando en obra, como ya se mencionó anteriormente. El departamento de Caminos de California (1930, CP Terzaghi & Peck, 1948) desarrolló el Ensayo Proctor normal (también conocido como estándar) para ser empleado como patrón de compactación. Sin embargo, al modernizarse los equipos de compactación e incrementarse el peso de los mismos, fue necesario modificar dicho patrón de laboratorio, por lo que se desarrolló el Ensayo Proctor modificado, en el que se aplican mayores energías de compactación que en el Ensayo de Proctor estándar. Así, con el ensayo de compactación modificada se obtiene un patrón de laboratorio acorde a los equipos y energía de compactación usualmente empleados en la práctica moderna durante la conformación de rellenos. Básicamente, ambos ensayos tienen como finalidad obtener la curva de compactación, que muestra los valores de densidades secas o pesos volumétricos secos del suelo en condiciones variables de humedades y energías de compactación, permitiendo así conocer la humedad óptima que produzca la máxima densidad seca.

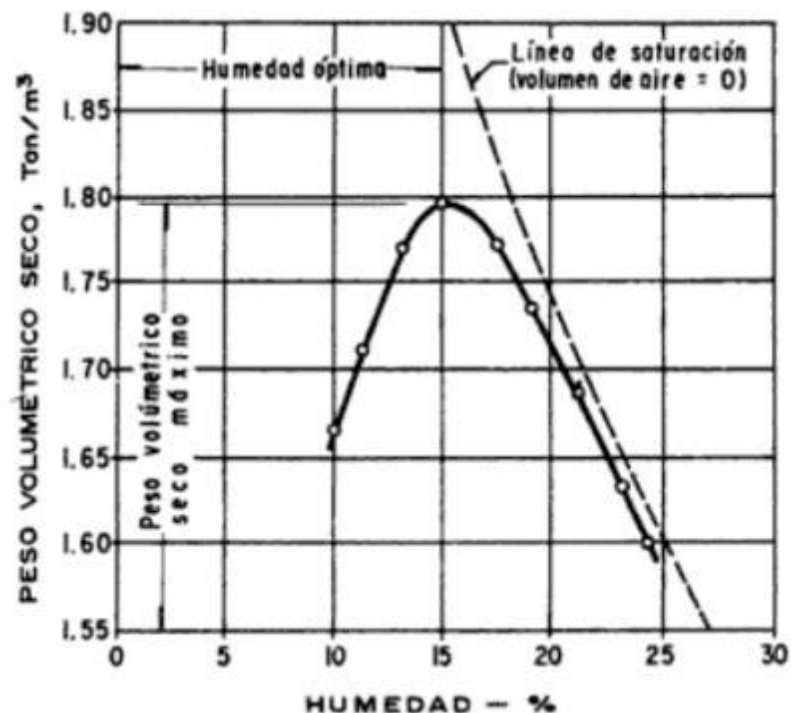


Figura II- 1. Curva de compactación típica (*Fuente:* Rodríguez & Del Castillo, 1974)

El pico de la curva, valor asociado a la humedad óptima que produce la máxima densidad seca, corresponde al punto donde se obtiene la máxima eficiencia de compactación, es decir el 100% de compactación del suelo. La curva de compactación posee dos ramas: rama seca y rama húmeda. Dependiendo del material a compactar y los requerimientos de diseño del relleno, se compactará ya sea por la rama seca o la rama húmeda, siendo la recomendación usual para los proyectos de ingeniería compactar a una densidad seca del 95% de la máxima, y a un contenido de humedad que resulte $\pm 2\%$ alrededor de la humedad óptima obtenidos de la curva de compactación. De acuerdo a Rodríguez & Del Castillo (1974) se debe tomar en cuenta las siguientes propiedades del suelo como requisito de compactación:

1. Homogeneidad
2. Características favorables de permeabilidad.
3. Baja compresibilidad para evitar el desarrollo de presiones de poro excesivas o deformaciones inaceptables.
4. Razonable resistencia al esfuerzo cortante.
5. Permanencia de las propiedades mecánicas en condiciones de saturación.
6. Flexibilidad, para soportar asentamientos diferenciales sin agrietamiento.

Una compactación altamente enérgica producirá un suelo muy denso, pero también propenso a sufrir agrietamientos en condiciones de saturación. Sin embargo, con una compactación menos enérgica, se obtendrá un suelo menos denso, pero más flexible y capaz de mantener su estructura ante condiciones de saturación. Finalmente, y a manera de cierre, vale mencionar que el ensayo Proctor es un ensayo patrón que se obtiene en laboratorio, y que sirve fundamentalmente para que el ingeniero de campo verifique que se cumple dicho patrón bajo las condiciones de diseño establecidas para cada proyecto, lo que aseguraría con un margen de seguridad razonable la correcta conformación del relleno.

2.5 Módulo de elasticidad o Modulo de Young

El Modulo de Young o de elasticidad de una suelo puede definirse como la relación de los esfuerzos a los que el suelo es sometido entre los asentamientos que se producen en él cuando estos esfuerzos son aplicados. Registrando y graficando una serie de esfuerzos con sus respectivas deformaciones, obtenemos una curva esfuerzo-deformación, la cual nos permite a partir de métodos graficas calcular el Modulo de Young.

En el laboratorio, el módulo de deformación puede ser estimado a partir del ensayo triaxial. Una vez que se obtiene la curva esfuerzo-deformación a partir de dicho ensayo, puede emplearse la pendiente inicial o modulo tangente de dicha curva. Como valor alternativo que puede emplearse el modulo secante determinado para esfuerzos de $1/2$ o $1/3$ del esfuerzo máximo vertical (Holtz 1991).

La determinación del Módulo de Young presenta tres limitaciones importantes (Bowless, 1996):

1. Es complicado poder obtener una muestra totalmente imperturbada al momento de su extracción, ya que ésta pierde sus propiedades al cambiar sus condiciones naturales. Por lo tanto, los valores obtenidos a partir de ensayos de laboratorio son típicamente considerablemente inferiores a los de campo, incluso con una diferencia de 50% o superior.
2. Los ensayos *in situ* representan un problema para la obtención del módulo. En primer lugar, los equipos requieren de personal con experiencia y son de difícil instalación para ensayos de rutina, y la mayoría de equipos (presiómetro de Menard, dilatómetro de Marchetti, entre otros) aportan información de parámetros elásticos

horizontales, muy diferentes a los verticales que son los que usualmente se emplean para el cálculo de asentamientos.

3. Los ensayos geofísicos *in situ*, tales como down-hole y cross-hole, que permiten estimar los módulos de Young y de corte máximos o iniciales en condiciones elásticas a partir de mediciones de velocidades de onda de compresión y corte, no tienen un uso extendido en estudios geotécnicos.

En la ingeniería geotécnica es usual emplear en la práctica correlaciones basadas en ensayos de campo y laboratorio para estimar el valor del módulo de Young. Las estimaciones se complementan con ensayos especiales de laboratorio, siempre que se cuente con muestras en buenas condiciones, y posteriormente, considerando el criterio de cada ingeniero, se determina el valor del módulo que se empleará (Boiero y Rosales, 2016).

2.6 Ensayo Triaxial

2.6.1 Definición

El ensayo triaxial es la prueba más común y versátil utilizada para determinar las propiedades de esfuerzo-deformación del suelo. Consiste en someter una muestra cilíndrica de suelo primeramente a una presión de confinamiento σ_c en todas su caras, para posteriormente incrementar el esfuerzo axial $\Delta\sigma_a$ hasta romper dicha muestra. Al no poseer esfuerzos tangenciales el esfuerzo axial total $\sigma_c + \Delta\sigma_a$ y la presión de confinamiento σ_c , son los esfuerzos principales σ_1 y σ_3 respectivamente. Por lo tanto el esfuerzo desviador es el incremento de esfuerzo axial, $\Delta\sigma_a = \sigma_1 - \sigma_3$ (William Lambe, 1967).

Las pruebas de compresión triaxial son más refinadas que las de corte directo y en la actualidad son las más usadas en cualquier laboratorio para determinar las

características de esfuerzo-deformación y resistencia de los suelos. Durante este ensayo se pueden medir: los esfuerzos, las deformaciones, los cambios de volumen y presión de poros.

El propósito del ensayo de compresión triaxial es suministrar datos básicos sobre (Ugas, 1977):

- La última resistencia a compresión, lateralmente confinada.
- El Ángulo de fricción interna
- La cohesión
- Resistencia al corte
- El módulo de elasticidad
- La presión del agua en los poros

Por lo tanto este ensayo es de gran utilidad ya que nos permite conocer parámetros importantes del suelo en estudio que mejorará el futuro diseño de elementos que involucren o dependan de éste.

2.6.2 Tipos de ensayo

Los ensayos que se pueden realizar en el aparato de compresión triaxial son en sistema abierto o ensayo drenado, y en sistema cerrado o ensayo no drenado; y de acuerdo a esas condiciones de drenaje durante el ensayo se tienen tres formas usuales para realizarlo: UU, CU y CD (Ugas, 1977).

A continuación se describen los tipos de ensayo (Bowles, 1981)

1. *Ensayos no consolidados-no drenados o ensayos U.U.* El corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal $\Delta\sigma_a$. Si el suelo es cohesivo y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. La falla

del espécimen es rápida, dado que no se permite la disipación de dicha presión de poros. Los parámetros obtenidos son no drenados.

2. *Ensayo consolidado-no drenado o ensayos C.U.* Se aplica la fuerza normal, y se observa el movimiento vertical del deformímetro hasta que pare el asentamiento antes de aplicar fuerza cortante. Este ensayo puede situarse entre los ensayos triaxiales consolidado-no drenado y consolidado-drenado, ya que la muestra se consolida, pero no se permite la disipación de la presión de poros durante la rotura de la misma.
3. *Ensayo consolidado-drenado o ensayos C.D.* La fuerza normal se aplica, y se demora la aplicación del corte hasta que se haya desarrollado todo el asentamiento; se aplica a continuación la fuerza cortante tan lento como sea posible para evitar el desarrollo de presiones de poros de la muestra. De esta manera a partir de este ensayo pueden obtenerse parámetros de resistencias efectivos.

La realización de uno y otro tipo de ensayo triaxial dependerá de las necesidades asociadas al problema que se está analizando, y de las condiciones del terreno que se busca reproducir en el laboratorio.

2.6.3 Descripción del equipo

El equipo necesario para realizar el ensayo triaxial está constituido por diferentes elementos, los cuales permiten llevar a cabo la adquisición de datos, aplicación de carga, medición de cambios de volumen, saturación de especímenes, entre otras funciones. A continuación se describirá cada uno de ellos brevemente (Valerio, 2011). Las Figura II-2 y II-3 muestra unas fotografías de un equipo TX, empleado en este trabajo, en la cual se señalan las diferentes partes abajo descritas.



Figura II- 2 Equipo triaxial (*Fuente: propia, laboratorio AIG c.a*)

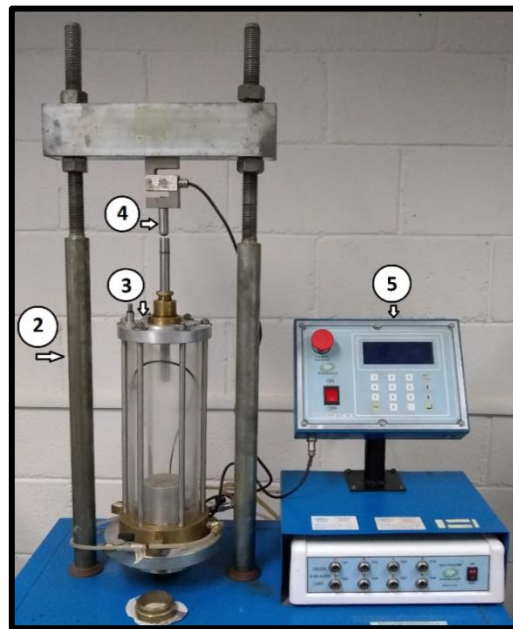


Figura II- 3 Equipo triaxial (*Fuente: propia, laboratorio AIG c.a*)

1. **Panel triaxial:** Es el sistema conformado por válvulas y reguladores mediante los cuales se administra el flujo de aire y agua desairada entre los equipos para

la realización del ensayo triaxial. Posee 3 válvulas de distribución, reguladores de aire y salidas de medición de presión para 3 presiones.

2. **Prensa triaxial:** Consiste en un marco de dos columnas con una viga transversal móvil y una base que contiene la unidad de empuje mecánico, el motor eléctrico, los componentes electrónicos y los controles. La unidad de sincronización que maneja el motor es controlada por un microprocesador el cual permite obtener un desplazamiento predeterminado de la unidad de carga, constante durante el ensayo.
3. **Cámara triaxial:** Está conformada por una cámara de bandas de metacrilato que permiten una presión máxima de funcionamiento de 2000 kPa, una base con cinco conexiones, de las cuales dos son designadas para controlar las presiones de poro, dos para contrapresión y otra para presión de cámara, es en esta cámara donde se somete al espécimen a las condiciones específicas de esfuerzos de los ensayos.
4. **Transductores lineales:** Son los que se encargan de transformar un señal eléctrica en una magnitud física, la cual permite registrar tanto las presiones a las que se está sometiendo el espécimen como las deformaciones que sufre durante el ensayo.
5. **Dataloger:** Se encarga de registrar datos provenientes de las señales eléctricas de los transductores en tiempo real y almacenarlos, brindando la posibilidad de así transferirlos a la computadora.

2.6.4 Procedimiento de ensayo

El procedimiento descrito está adaptado al tipo de ensayo no consolidado – no drenado basado en las siguientes referencias:

- Bowles, J. (1981) *Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil*. México.

- Norma ASTM D2850.

Primeramente, se debe preparar la cámara triaxial y la prensa donde se colocará la probeta a ser ensayada, el acoplamiento de la placa de base de carga a la base de la cámara, montar una membrana de caucho de diámetro apropiado en la placa de carga de base, y colocar una piedra porosa en la placa de carga de base.

Seguidamente se coloca cuidadosamente la arena en la membrana utilizando un compactador para mantener la forma de la muestra y su densidad. De ser necesario para una muestra de densidad requerida se deberá dividir la altura en partes iguales calculando la cantidad de suelo (húmedo) necesario para cada capa.

Luego se coloca una piedra porosa (saturada) para suelo húmedo y colocar la placa superior de la muestra, enrollar la membrana fuera del molde hacia la placa superior y sellarla con bandas de caucho o sellos de anillo. Se conecta el tubo de la placa a la salida de la bomba de vacío en la base de la cámara y se aplica un vacío entre 200 mm y 250 mm de mercurio a la muestra.

Una vez acomodada, se remueve el molde del espécimen y se examina la membrana de forma que no existan filtraciones evidentes. Se toman entonces valores promedio de alturas y diámetros iniciales de la muestra.

Posteriormente, se coloca el cilindro de lucita sobre la base de la cámara, y ésta en la máquina de compresión dejando un ligero contacto con el pistón de carga y barra de carga de la máquina de compresión.

Ya colocada la cámara en la prensa, se aplica la presión lateral predeterminada, bien sea con aire comprimido o un líquido, pudiendo ser éste preferiblemente agua. Según el tipo ensayo que se realice será necesario saturar o no la muestra, para lo cual se abrirían las válvulas apropiadas hasta que esta esté totalmente saturada.

A continuación se levanta cuidadosamente la cámara hasta que el deformímetro registre una ligera carga, lo cual indica que se ha hecho contacto con el

pistón, y así se ajustaría a partir de ese momento el deformímetro de carga en cero. Se conecta un deformímetro de caratula a la máquina de tal forma que se pueda obtener la deformación de la muestra a cada instante.

Se procede finalmente a realizar la compactación a la tasa de deformación unitaria deseada, generalmente entre 0,5 mm/min y 12,5 mm/min. Se enciende la máquina de compresión y se toman lecturas simultáneas de cargas y deformación utilizando los formatos respectivos. Tales lecturas deben tomarse a:

5, 15, 25, 50 a 100 divisiones del deformímetro hasta que:

- La carga disminuya
- Se sobrepase ligeramente en 20% la deformación unitaria
- La carga se mantenga constante durante tres o cuatro lecturas

Se calcula el esfuerzo correspondiente (kPa) y la deformación unitaria para suficientes lecturas que permitan definir la curva de esfuerzo-deformación unitaria, siendo esto entre 8 o 12 puntos.

Una vez falle la muestra, se debe apagar la máquina de compresión, soltar la presión de la cámara y remover la carga sobre esta. Luego preparar un nuevo espécimen a una densidad deseada y ejecutar dos ensayos adicionales.

2.6.5 Velocidad del ensayo

La velocidad y dirección se preestablecen mediante controles localizados en el panel. El ensayo permite además manejar un rango de valores admisibles para la realización del ensayo como lo son:

- La mínima velocidad de desplazamiento es de 1×10^{-5} mm/min
- La máxima velocidad de desplazamiento es de 10 mm/min
- La velocidad de aproximación rápida es de 25 mm/min

- La capacidad máxima de ensayo (carga) es de 50 kN

Sin embargo lo recomendado según Bowles, J. (1981) en el *Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil*. México. Es que generalmente se trabaje con una velocidad de 0,5mm/min y 12,5 mm/min.

2.6.6 Esfuerzo normal o presión de confinamiento

Usualmente, se deben seleccionar tres cargas que, divididas por las dimensiones de la muestra, corresponderán a los esfuerzos normales aplicados. Cada esfuerzo normal aplicado debe ser el doble del anterior. El esfuerzo normal dependerá de la profundidad a la que fue extraída la muestra, es decir, de la tensión vertical a la que esté sometido un elemento de suelo a una profundidad conocida.

2.6.7 Presentación de resultados

El ensayo triaxial da información para dibujar el círculo de esfuerzos de Mohr utilizando la presión de cámara como σ_3 y el esfuerzo mayor principal correspondiente σ_1 en el momento de la falla de la muestra. Es posible establecer una tangente a los círculos, al dibujar 2 y 4 círculos de Mohr utilizando datos de ensayos basados en diferentes presiones de cámara σ_3 para cada ensayo sobre muestras de suelo cuya densidad y humedad sea aproximadamente igual. La pendiente de esta tangente se toma como el ángulo de fricción interna del material, y la intersección de dicha envolvente con el eje de las ordenadas se toma como la cohesión para la ecuación de Coulomb. (Bowles, 1981)

A su vez, dicho ensayo brinda información de la deformación unitaria y el esfuerzo axial aplicado a la probeta, lo cual permite dibujar el grafico de esfuerzo-deformación, a fin de obtener una representación gráfica de las deformaciones a lo largo del ensayo hasta la falla del suelo. Una vez que se obtiene la curva esfuerzo-

deformación, puede emplearse la pendiente inicial o modulo tangente de dicha curva. Como valor alternativo, puede emplearse el modulo secante determinado para esfuerzos de 1/2 o 1/3 del esfuerzo máximo vertical (Holtz 1991).

Los resultados obtenidos del ensayo son usados para (UGAS):

- Hacer estimaciones de la probable capacidad de soporte de un suelo
- Cálculos de estabilidad para terraplenes, presas, estructuras de contención de tierra y fundaciones
- Analizar las relaciones de esfuerzos-deformación de suelos cargados.
- Estimar asentamientos de un suelo bajo carga.

2.7 Ensayo de Carga de Placa

2.7.1 Definición

El ensayo de carga de placa es un método que proporciona parámetros de compresibilidad en una masa de rocas débiles y ciertos tipos de suelo (arena, grava, arcilla, canto rodado y material de relleno). Es de mucha utilidad sobre materiales difíciles de muestrear.

Básicamente, la prueba consiste en cargar una placa (circular, cuadrada o rectangular) y registrar el asentamiento que se produce. Así, se obtiene información del comportamiento del terreno sometido a carga.

2.7.2 Tipos de ensayo

La manera y la velocidad a la que se aplica la carga a la placa da lugar a dos categorías de prueba (Simons, 2002):

- A. Prueba de tasa de penetración constante (CRP): La carga se aplica de manera controlada de modo que la velocidad de penetración

seleccionada sea uniforme y continúa. Estas pruebas normalmente se llevan a cabo a una velocidad tal que solo se obtiene el comportamiento de asentamiento no drenado o inmediato.

B. Prueba de carga incremental mantenida (ML): Prueba de carga incremental mantenida (ML): La carga se aplica a la placa en incrementos sucesivos de aproximadamente una quinta parte de la carga de diseño, con un cierto intervalo de tiempo entre la aplicación de cada incremento.

2.7.3 Descripción del equipo

La norma ASTM D1194, describe una serie de equipos, necesarios para llevar a cabo el ensayo de placa de carga:

- Plataforma de carga de tamaño y resistencia suficientes para suministrar la carga estimada.
- Gato hidráulico o mecánico de capacidad suficiente para proporcionar la carga máxima estimada para las condiciones del suelo, pero no menor de 50 toneladas en cualquier caso, y un dispositivo, como un manómetro, una celda de carga electrónica o un anillo de prueba para medir la carga aplicada por el gato
- Placas de rodamiento: tres placas de rodamiento de acero circulares, de espesor no inferior a 1 pulg. (25 mm) y con un diámetro variable de 12 pulg. (30 cm) a 30 pulg. (75 cm).
- Los dispositivos de registro de asentamientos, como los indicadores de cuadrante, miden el asentamiento con una precisión de al menos 0.01 pulgadas (0.25 mm).

2.7.4 Procedimiento de ensayo

La Norma ASTM D1194, describe el procedimiento a seguir para llevar a cabo la prueba de carga de placa:

- Selección de áreas de prueba: realice la prueba de carga en el nivel de zapata propuesto y en las mismas condiciones a las que se someterá la zapata propuesta.
- Pozos de prueba: Excavar el pozo de prueba al nivel en el que se realizará la prueba de carga. El pozo de prueba debe ser al menos cuatro veces más ancho que la placa. Antes de cargar, proteja el pozo de prueba y el área de carga contra los cambios de humedad en el suelo. Si se espera humedecimiento durante la vida útil de la estructura, como en el caso de las estructuras hidráulicas, humedezca el suelo en el área en la medida deseada hasta una profundidad no menor que el doble del diámetro de la placa de soporte más grande. Nivela y limpie cuidadosamente el área que cargarán las placas de prueba para que las cargas se transmitan a través de toda el área de contacto en el suelo no perturbado. Para un contacto uniforme de la placa con el suelo, use arena o yeso de París debajo de la placa.
- Plataformas de carga: apoye la plataforma de carga por medio de una malla u otro medio adecuado, en puntos que estén preferiblemente a una distancia no inferior a 8 pies (2,4 m) del área de prueba (es decir, el centro de la placa) para que la carga de la plataforma no tenga efecto en el suelo a ensayar.
- Carga muerta: pese y registre como peso muerto todo el equipo utilizado, como placas de acero, columna de carga y gato, etc., que se colocarán en el área de prueba antes de la aplicación de los incrementos de carga.

- **Viga de referencia:** apoye de manera independiente las vigas que soportan los indicadores de cuadrante tanto como sea posible, pero a no menos de 8 pies (2.4 m) del centro del área cargada para que los apoyos de la viga no se vean afectados por el asentamiento del suelo debajo de la placa.
- **Incrementos de carga:** aplique la carga al suelo en incrementos iguales acumulativos de no más de 1.0 ton / ft², o no más de una décima parte de la capacidad de carga estimada del área que se está probando. Normalmente se utilizan incrementos de 0.5 ton / ft². Mida con precisión cada carga y aplíquela de tal manera que todas las cargas alcancen el suelo como una carga estática, sin impacto, fluctuación o excentricidad.
- **Intervalo de tiempo de carga:** después de la aplicación de cada incremento de carga, mantenga la carga acumulada durante un intervalo de tiempo seleccionado de no menos de 15 min. Normalmente cada incremento de carga se aplica después de 30 minutos. La duración de todos los incrementos de carga debe ser la misma.
- **Medición del asentamiento:** se mide el asentamiento utilizando preferiblemente tres medidores de cuadrante espaciados uniformemente en la circunferencia de la placa. Mantenga un registro continuo de todos los asentamientos. Realice las mediciones del asentamiento tan pronto como sea posible antes y después de la aplicación de cada incremento de carga, y después de cada cinco minutos mientras se mantiene constante una carga.
- **Terminación de la prueba:** continúe la prueba hasta que se alcance una carga máxima o hasta que la relación entre el incremento de la carga y el incremento del asentamiento alcance una magnitud mínima y constante. Si hay disponible una reacción suficiente de la plataforma de carga, continúe la prueba hasta que el asentamiento total alcance al

menos el 10 por ciento del diámetro de la placa, o 25 mm. o a menos que se observe una carga de falla bien definida. Después de completar las observaciones para el último incremento de carga, libere la carga aplicada en tres disminuciones aproximadamente iguales. Continúe registrando las desviaciones de rebote hasta que cese la deformación o por un período no menor que el intervalo de tiempo de carga.

2.7.5 Velocidad del ensayo

En pruebas de tasa de penetración constante, la tasa o velocidad de penetración usual es de 2,5 mm por minuto.

En pruebas de carga incremental mantenida, Burland y Lord, adoptaron una tasa de asentamiento de 0.005 mm por media hora (0.0002 mm/min). Clayton recomienda una tasa de asentamiento de 0.004 mm/min, medida durante un periodo de al menos 60 minutos. (Simons,2002)

2.7.6 Presentación de resultados

Con el fin de establecer el estado de compactación, además del valor del módulo de compresibilidad obtenido, se puede utilizar la curva cargas-asentamiento. En el resultado del ensayo deben reflejarse los siguientes datos:

- Situación del lugar de ensayo.
- Diámetro de la placa de carga.
- Tipo de dispositivo utilizado en la medición de asentamientos.
- Tipo de suelo.
- Tipo de base de placa.
- Tiempos de comienzo y finalización del ensayo.

- Condiciones atmosféricas y temperatura.
- Personal participante en el ensayo.
- Descripción de cualquier anomalía observada durante el ensayo y de los cambios que haya sido necesario efectuar con respecto al procedimiento estándar.
- Valores de las tensiones aplicadas y de las lecturas correspondientes de los medidores de asentamientos.
- Curvas cargas-asentamientos.
- Si se considera necesario, comentarios acerca de la excavación llevada a cabo en el lugar de ensayo.

La figura II-4 muestra curvas de carga-asentamiento típicas obtenidas en pruebas de plato de carga convencionales.

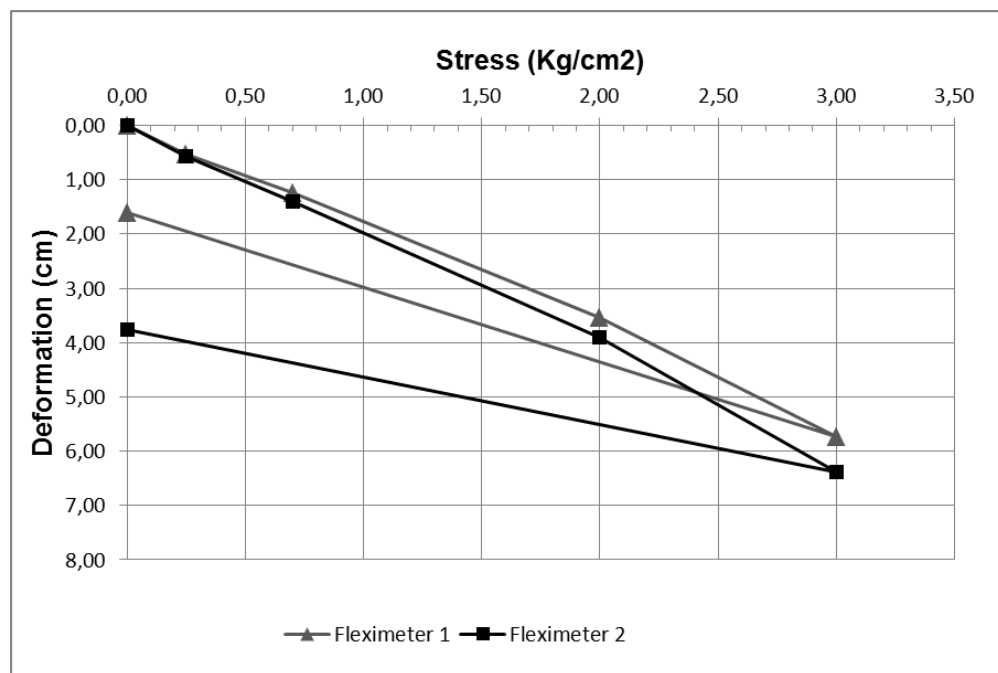


Figura II-4 Curva Carga vs Asentamiento (Prueba de plato)

2.8 Diferencia porcentual

En este estudio se realizan las comparaciones entre las variables determinadas, el pseudo E0, el E50 y los valores de módulo de Young determinado en campo, para

esta comparación se empleó el cálculo de la diferencia porcentual, que expresa la diferencia existente entre dos variables en forma de porcentaje, es decir, que tanto por ciento es mayor o menor una variable con respecto a otra.

Para su cálculo se emplea la siguiente ecuación, tomando en cuenta el “valor base” como el valor con respecto al cual se estudia la diferencia:

$$\frac{(Valor)-(Valor\ base)}{(Valor\ base)} * 100 \quad (3)$$

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo de investigación

En términos del conocimiento, el alcance de la investigación es de tipo correlacional, debido a que tiene como propósito conocer la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2006).

3.2 Diseño de investigación

El presente trabajo de grado se centra en la obtención de la correlación Modulo de elasticidad vs Grado de compactación para rellenos de suelos compactados simulados en laboratorio, a través de la variación intencional del grado de compactación a humedad optima del suelo con el fin de conocer la influencia sobre el módulo de elasticidad del mismo, por lo que constituye un diseño de laboratorio experimental con enfoque cualitativo.

Hernández, Fernandez, & Baptista (2006) establecen que un experimento es una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o mas variables dependientes (efectos).

3.3 Muestreo

Jany (1994, CP Bernal, 2010) comenta que la población es la totalidad de elementos o individuos que tienen ciertas características similares y sobre las cuales se desea hacer inferencia. La muestra es un subgrupo de la población.

Para este estudio, la población son los rellenos compactados. Y la muestra corresponde a un suelo granular A-2-4 con la que se confeccionaron (40) probetas cilíndricas de 50,6 mm de diámetro y 121,0 mm de altura.

3.4 Etapa de ensayos

3.4.1 Clasificación

Para el desarrollo de esta investigación se contó con un material granular cuyos granos predominantes son los gruesos, al cual se le realizaron los siguientes ensayos, aplicando para ello las normas ASTM (*American Society for Testing and Materials*) correspondientes:

- Examen Visual (Norma ASTM D2488).
- Granulometría por Tamizado e Hidrómetro (Norma ASTM D422).
- Gravedad Específica (Norma ASTM D854).
- Límites de Consistencia (Norma ASTM D4318).
- Ensayo de Compactación Proctor Modificado (Norma ASTM D1557).

Así se confirmó que el material a ensayar clasificó como material A-2-4 correspondiente al sistema de clasificación AASHTO, el cual resulta apto para cubrir los objetivos de la investigación.

3.4.2 Ensayos triaxiales

Con el fin de obtener la relación entre la deformación unitaria y el esfuerzo aplicado a las muestras para así poder determinar el módulo de elasticidad del material de estudio bajo distintos grados de compactación, se realizaron ensayos triaxiales bajo condiciones no consolidadas-no drenadas (UU). Como anteriormente fue explicado, estos ensayos son realizados antes de que ocurra la consolidación y llevan al suelo a la falla de forma rápida sin permitir drenaje (sin disipación de las presiones de poros). El módulo de deformación obtenido puede ser de utilidad para el análisis de fundaciones apenas aplicada la carga, como suele ser el caso usual en proyectos.

Las muestras ensayadas se conformaron en laboratorio a manera de simular materiales compactados. Una vez clasificado el material, se empleó la curva de compactación típica obtenida con el ensayo de compactación Proctor modificado para conocer los valores de densidad seca y porcentaje de humedad asociados a los diferentes grados de compactación (90%, 92%, 95% y 98%).

3.4.2.1 Variables de ensayo

- **Variables independientes**
 - Grado de compactación (%)
- **Variables dependientes**
 - Módulo de elasticidad (Kpa)
- **Parámetros constantes**
 - Velocidad de aplicación de esfuerzo axial (mm/min)
 - Dimensiones de las probetas (mm)
 - Humedad optima (%)
 - Presión de cámara (kPa)

Se realizaron un total de (40) ensayos triaxiales, para una sola presión de confinamiento, por lo que se ensayó una probeta por ensayo.

3.4.2.2 Aplicación de esfuerzos

Como se mencionó anteriormente, los cuarenta (40) ensayos triaxiales fueron realizados considerando una única presión de cámara. Esto con la finalidad de optimizar el empleo de material, y alcanzar así al menos diez (10) ensayos TX por cada nivel de compactación analizado.

La presión de cámara empleada en todos los ensayos fue 100 kPa. Este valor fue asumido considerando que el mismo es representativo del estado de esfuerzos de fundaciones superficiales en rellenos, en casos típicos de fundaciones de plantas industriales, en las que es usual instalar equipos y estructuras (como pipe-racks, equipos vibratorios, enfriadores, torres de procesos, etc.) sobre cimentaciones superficiales (zapatas o losas) de dimensiones importantes, apoyadas en ocasiones por debajo de 2 m de profundidad.

3.4.2.3 Velocidad de ensayo

Se empleó una tasa de deformación unitaria de 0,9 mm/min, según las recomendaciones de Bowless (1981).

3.4.2.4 Procedimiento General

Primeramente, se secó el material en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Una vez seco el material, se tomó una muestra representativa del material seco, suficiente para realizar cinco muestras del mismo tamaño. Posteriormente, se añadió el agua previamente medida con el fin de garantizar el contenido de humedad óptimo y se pasó el material por el tamiz #4. Según lo establece la norma, se dejó reposar el material para permitir que el agua penetre en la mayor cantidad de vacíos posible y pueda alcanzar la humedad esperada. Dicho tiempo de reposo depende del tipo de material, tal como se muestra en la Tabla III-1.

Tabla III-1 Tiempo mínimo de reposo (*fuentes:* ASTM D3080, 2011)

Material según S.U.C.S. (ASTM D2487)	Tiempo mínimo de reposo (h)
SW, SP	No requiere reposo
SW-SM, SP-SM, SM(>5% finos)	3
SC, ML, CL, SP-SC	18
MH, CH	36

Una vez transcurrido el tiempo mínimo de reposo o más, se realizó un ensayo de humedad para garantizar que el contenido de humedad que posee el material es el correspondiente al determinado como óptimo.

Posteriormente se procedió a la confección de la probeta, cuyo procedimiento se establece más adelante (ver sección 3.4.2.5). Una vez realizada se registró el peso y se determinó que el porcentaje de compactación logrado fuese el deseado. Seguidamente se preparó la muestra para el ensayo, cubriéndola con una membrana para no permitir el drenaje de la cámara triaxial al suelo y posicionándola de manera que recibiese el esfuerzo axial justo en el centro de la probeta y así este no fuera desviado ocasionando errores en la lectura o algún tipo de falla anticipada o errónea.

Finalmente se ajustó la presión de cámara deseada, que en este estudio se fijó una presión constante para todos los ensayos de 100 kPa y se procedió a aplicar el esfuerzo axial y realizar el ensayo, tomando nota de los esfuerzos aplicados en intervalos de 0,1 mm hasta llegar a 1 mm de deformación, donde posteriormente se registrarían los esfuerzos en intervalos de 0,2 mm hasta la falla del material y así graficar los datos obtenidos.

3.4.2.5 Confección de la Probeta

El material con el cual se realizaron los ensayos en esta investigación no provienen de muestras imperturbadas en rellenos, sino que, como se ha mencionado anteriormente, fueron conformadas en laboratorio con el fin de simular dichos rellenos, por lo que las muestras se definen como remoldeadas-compactadas. La compactación se realizó en un molde cilíndrico para luego ser llevada a la cámara triaxial. Las dimensiones de las probetas elaboradas corresponden a las del molde cilíndrico.

Se cuidó que el proceso de compactación de las probetas sea sistemático, de manera que permita reproducir las mismas condiciones de humedad y densidad alcanzadas en el ensayo de compactación de Proctor modificado. El martillo utilizado para lograr estas condiciones debió ser de un diámetro menor al del molde y se realizó la similitud del cálculo utilizado para el martillo de Proctor modificado, con el fin de poder transmitir la misma o muy similar energía de compactación y así lograr la densidad y humedad deseada.

Empleando la ecuación 2-1, y conocida la energía de compactación que se requiere transferir con el martillo utilizado (sabiendo que la energía de compactación del martillo utilizado para Proctor Modificado es igual a $2710 \frac{Kn \cdot m}{m^3}$), el peso del martillo es de 965,34 gr (0,00965 kN), el volumen del molde cilíndrico es de 243 cm^3 , la altura de caída de 26,3 cm y estableciendo un número de capas igual a 8, se determinó el número de golpes (N) requeridos para lograr un 100% de densidad:

$$EC = \frac{N * n * Wm * h}{V} \quad (2 - 1)$$

$$2710 \frac{Kn * m}{m^3} = \frac{N * 8 * 0,00965 Kn * 0,263 m}{0,00024 m^3}$$

$$N = 32 \text{ golpes}$$

Así, se conoció el número de golpes necesarios para lograr el 100% de la densidad. Partiendo de esto para poder confeccionar las probetas de 90%, 92% 95% y 98% de la densidad fue necesario empíricamente estimar los golpes para lograr dichas densidades. Para ello, se construyó una curva de Porcentaje de densidad vs. Nro de golpes que se observa en la figura III-1.

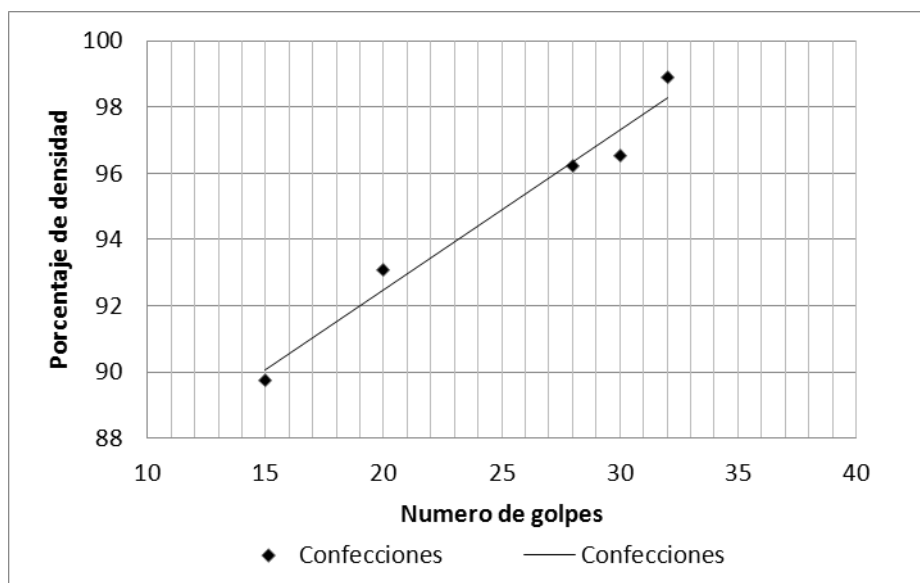


Figura III-1 Curva Porcentaje de densidad vs Nro de golpes (*Fuente: propia*)

Tabla III-2 Nro de golpes necesarios para % de Densidad deseado (*Fuente: propia*)

% Densidad	Nro de golpes
98	31
95	26
92	16
90	13

Una vez estimado el número de golpes necesarios para cada porcentaje, las muestras se compactaron en 8 capas, realizando escarificación al finalizar cada una y antes de colocar la siguiente, para lograr continuidad del material en la probeta y así no predeterminar algún plano de falla.

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

1. Martillo de compactación.
2. Cuchara.

3. Espátula para escarificar.
4. Regla metálica para enrasar.
5. Molde para confeccionar muestra.

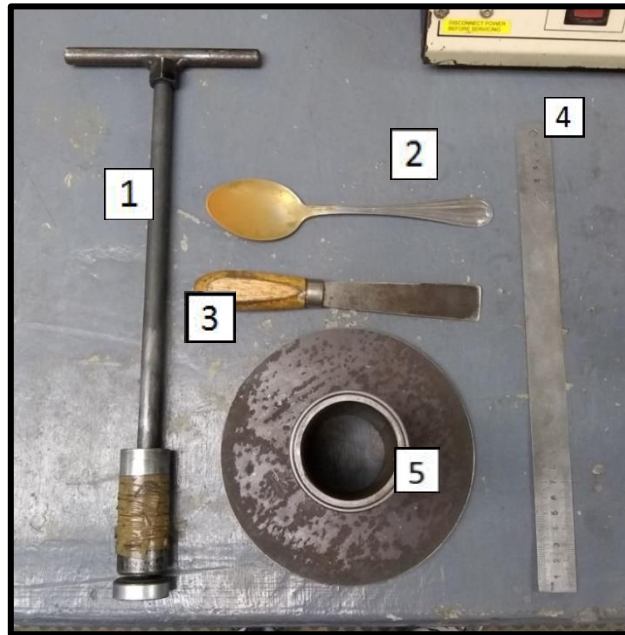


Figura III-2 Elementos utilizados para la confección de la probeta (*Fuente: Propia*)

3.5 Cálculo del Módulo por Método Gráfico

Para llevar a cabo el cálculo del módulo de elasticidad, se hizo uso de métodos gráficos, como la pendiente inicial o módulo tangente y el módulo secante determinado para esfuerzos de $1/2$ del esfuerzo máximo vertical (Ver apartado 2.5).

En la mayoría de los ensayos realizados, se pudo apreciar que en el tramo inicial de la curva esfuerzo-deformación, se generaron pequeñas distorsiones a bajos niveles de deformación unitaria. Tales distorsiones fueron interpretadas como un reacomodo del equipo y la muestra, causado por el inadecuado contacto entre la base y el vástago. Una vez estos se acoplaron apropiadamente, se pudo apreciar la conducta esperada de la probeta. A partir de este suceso se tomaron ciertas consideraciones al momento de calcular el módulo de elasticidad gráficamente,

suprimiendo el comportamiento errático de los esfuerzos iniciales y trabajando con el tramo de la curva que describe un comportamiento típico en suelos.

En primer lugar, se procedió a prolongar el que consideramos el tramo elástico en la curva hasta cortar con el eje x. Luego, se procedió a trazar una recta tangente por dicho punto, y se obtuvo la pendiente a través de la relación entre el esfuerzo y su correspondiente deformación, lo que da como resultado el valor correspondiente al parámetro denominado “Pseudo modulo de Young Tangente en el origen” E_0 , debido a dicho arreglo realizado en cuanto a la tendencia de la curva.

Para el cálculo del módulo secante, se calculó el 50% del esfuerzo máximo vertical, tras trazar una recta horizontal por este valor y cortar la curva de esfuerzo-deformación se determina el punto de intersección. Luego, con unir el origen con el punto de intersección del 50% del esfuerzo máximo, se determina la pendiente a partir de la relación entre el esfuerzo y su correspondiente deformación, obteniendo así el valor del módulo de elasticidad secante para el 50% del esfuerzo vertical. En la figura III-3 se observa el procedimiento descrito en el párrafo anterior.

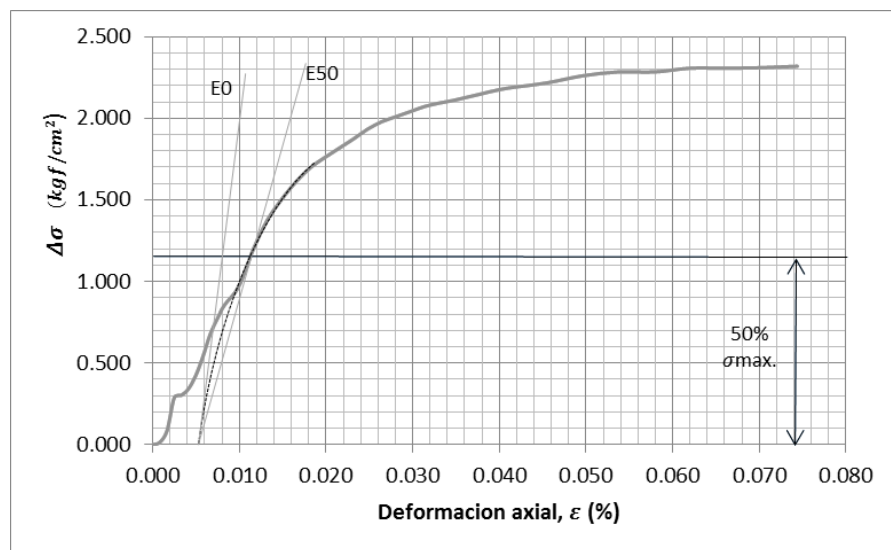


Figura III-3 Aplicación del Método Grafico. Probeta #37-92% (Fuente: Propia)

3.6 Determinación del Módulo de Young mediante prueba de plato

Con el fin de estudiar la variación presente entre los parámetros elásticos determinados en laboratorio con los que es posible determinar en campo mediante la aplicación de la prueba de plato, se realizó un análisis adicional, en el cual a datos provenientes de ensayos previos realizados por la empresa Amundaray Ingeniería Geotécnica, C.A se les calculó el módulo de Young correspondiente a deformaciones del 25, 50 y 100% de la deformación máxima conseguida en el ensayo.

Este cálculo se realizó de acuerdo a lo estipulado en la publicación "**A Short Course in Geotechnical Site Investigation**". Apoyada en el "British Standards Institution (1999)", mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\pi * q * D}{4} * \frac{(1 - \nu^2)}{\rho} \quad (4)$$

Donde:

q: Presión aplicada (correspondiente a la variación para cada porcentaje del asentamiento maximo)

D: Diametro de la placa con que fue realizado el en sayo.

ρ : Asentamiento

ν : Poisson (0,1-0,3) el cual se fijo un valor de 0,2.

Capítulo IV: Presentación y análisis de resultados

4.1 Análisis de Resultados: Ensayos de Clasificación

El material ensayado cuyo principal composición era el grano grueso según el sistema de clasificación AASHTO, clasificó como un material A-2-4, y según el Sistema Unificado e Clasificación del Suelo, como una arena arcillo-limosa (SC-SM), cuya densidad máxima seca es de 2.123 kg/m^3 y la humedad óptima es 8,9%, obtenidos a partir del ensayo Proctor modificado.

En la tabla IV-1 se resumen los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio realizados.

Tabla IV-1 Planilla tipo de resultado de ensayos de clasificación

Muestra	% Pasante tamiz #			Arena (%)		Finos (%)	Gs	Límites de consistencia			Clasificación	
	10	40	200	Media	Fina			LL (%)	LP (%)	PI (%)	U.S.C.S	AASHTO
M-1	100,00	84,00	35	16	49	35	2,66	21	16	5	SC-SM	A-2-4 (0)

4.2 Análisis de Resultados: Ensayos Triaxiales

En los gráficos IV-1 y IV-4 se expresa el resumen de los resultados obtenidos, donde se puede observar que se cumplieron los objetivos planteados en la investigación.

Dichos gráficos muestran la correlación *Modulo de elasticidad vs Grado de compactación para rellenos compactados* obtenida para un material granular tipo A-2-4, el cual es un material friccionante típicamente recomendado en la práctica para la conformación de rellenos estructurales.

Se observa en dicha correlación que a medida que el suelo es más compacto (a mayor grado de compactación) el módulo de elasticidad tangente inicial " E_0 " y secante " E_{50} " incrementan.

Es importante destacar que para la obtención de las correlaciones, fue necesario descartar 3 probetas correspondientes al 95% de compactación y 3 probetas correspondientes al 98% de compactación, debido a que estas por algún motivo en la confección o ensayo, presentaron valores fuera de la tendencia presentada por el resto de los resultados.

El parámetro "Modulo de elasticidad" obtenido puede ser utilizado para estimar asentamientos correspondientes para el análisis de fundaciones a corto plazo, ya que en estos cálculos se supone la aplicación de la carga de manera casi instantánea a causa de que el material de relleno tiene una baja permeabilidad y hablando en condiciones normales este no debe ser saturado.

En cuanto a los resultados obtenidos entre ambos módulos "E" determinados, el grafico IV-4 nos permite observar la diferencia porcentual entre éstos, y se observa que a mayor compactación del suelo dicha diferencia aumenta, lo que quiere decir que el E_0 presenta una tasa de crecimiento considerablemente mayor respecto del E_{50} ya que dicha diferencia presenta aproximadamente un 8,3% de crecimiento por cada grado de compactación estudiado. Esto se debe a que el tramo inicial de la curva de esfuerzo deformación es más pronunciada a mayor compactación, porque el suelo es más rígido, por lo cual necesita mayor esfuerzo para lograr las deformaciones iniciales.

4.3 Análisis de resultados adicionales

Como complemento a la investigación realizada, y a fin de estudiar la variación entre el módulo de deformación obtenido en el laboratorio y aquél obtenido

en el terreno, se procedió a comparar los resultados obtenidos en este trabajo con resultados obtenidos a partir de ensayos de pruebas de plato efectuados por la empresa Amundaray Ingeniería Geotécnica, C.A., en rellenos estructurales localizados en instalaciones industriales existentes en los estados Falcón y Lara.

El objetivo de estos análisis adicionales es contar con información sobre las diferencias existentes entre ensayos *in situ* y ensayos de laboratorio, a fin de complementar la información publicada por Bowless (1996), quien menciona que tales diferencias pueden llegar a ser superiores al 50%. Basándonos en la linealidad de teoría elástica vs distribución de cargas, la cual es empleada comúnmente en la práctica.

Este punto es considerado de suma importancia, puesto que la determinación del módulo de deformación afecta directamente el diseño de las fundaciones.

4.3.1 Correlación “*Modulo de elasticidad vs Porcentaje de asentamiento*” determinado mediante pruebas de plato

El grafico IV-5 presenta los resultados obtenidos de E mediante pruebas de plato en campo, en rellenos compactados conformados con materiales similares al estudiado en laboratorio para esta investigación.

Esta gráfica se realizó para fracciones del 25%, 50% y 100% del asentamiento máximo logrado en las pruebas de plato realizadas. En la misma, se observa que a medida que el asentamiento aumenta, el módulo de elasticidad disminuye, es decir que el módulo es mayor para pequeñas deformaciones, y disminuye a medida que se incrementa el nivel de esfuerzos.

4.3.1 Comparación entre E determinados en laboratorio (Ensayos TX UU con E determinados en campo Pruebas de plato).

Para realizar este análisis se construyó un gráfico que nos permite observar la relación y variación de los cálculos realizados en campo con los obtenidos en laboratorio. Para poder comparar ambas datas, sólo fueron analizados los ensayos triaxiales correspondientes al 95% de compactación, ya que el suelo en campo estudiado presentaba aproximadamente este grado de compactación.

Luego de comparar los valores obtenidos en campo y laboratorio, se realizó el estudio de las diferencias porcentuales entre el Psudo E_0 y el E_{50} con los valores de E de campo para cada porcentaje de asentamiento expresado en el Grafico IV-7. En el cual, se puede observar la variación que hay entre los valores en campo y laboratorio.

En base a las gráficas antes mencionadas, resulta evidente que la variaciones de los valores de E en campo respecto a los de E_{50} obtenidos en laboratorio, es significativa para bajos niveles de deformación, con valores que oscilan entre 72% y 125%; mientras que para mayores niveles de deformación, la variación se encuentra entre 20% y 60%.

Para el caso de E_0 , se observa que para bajo niveles de deformación, la variación campo-laboratorio es inferior al 5%, lo cual implica que los valores de E_0 obtenidos en ensayos TX UU son representativos de las condiciones de campo. Para el caso de mayores deformaciones en campo, las diferencias entre E_0 y E_{campo} son negativas, lo cual evidencia que E_0 no es representativo de las condiciones en campo para elevadas deformaciones.

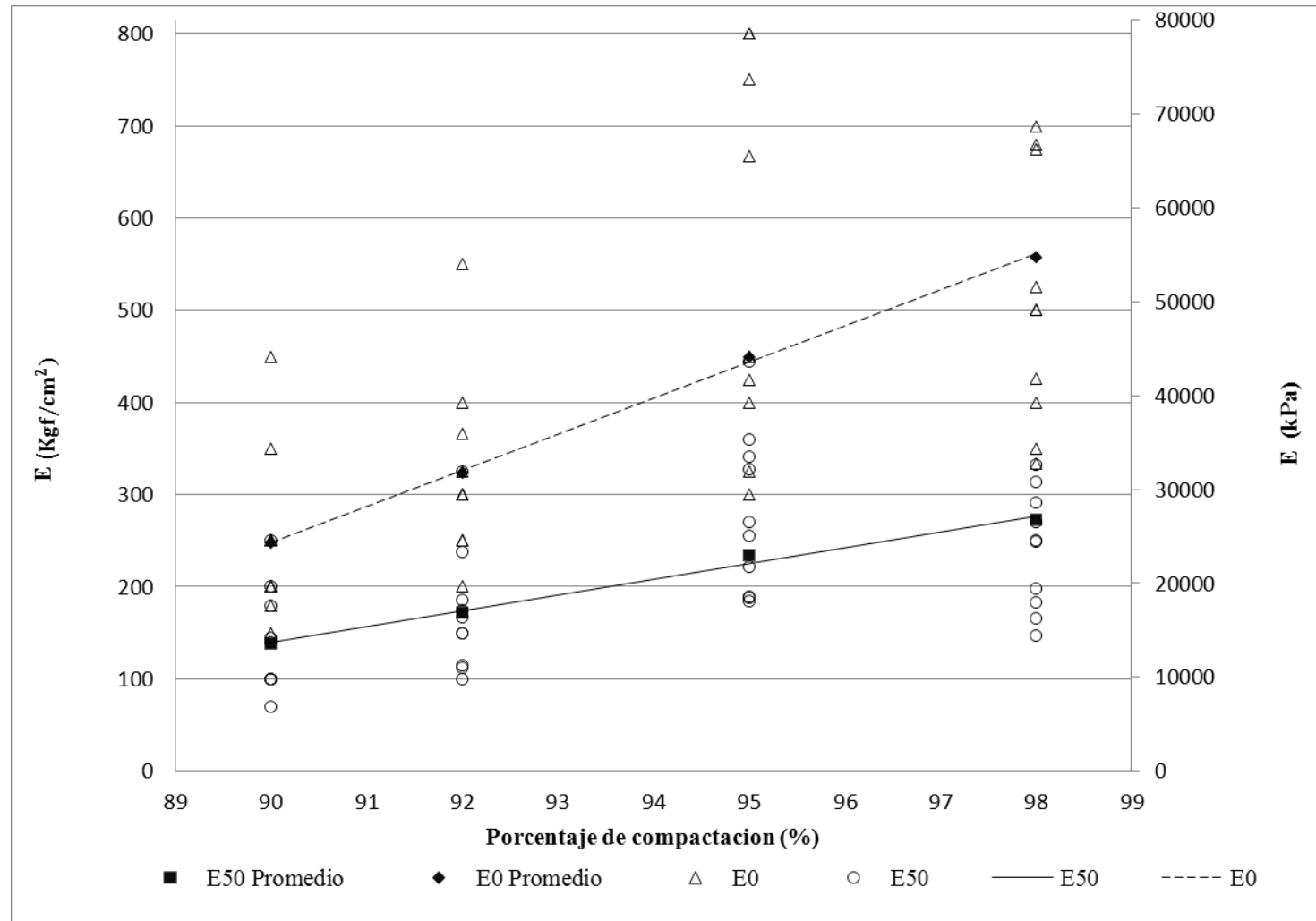


Gráfico IV-1 Modulo de elasticidad (laboratorio) vs Grado de compactacion.

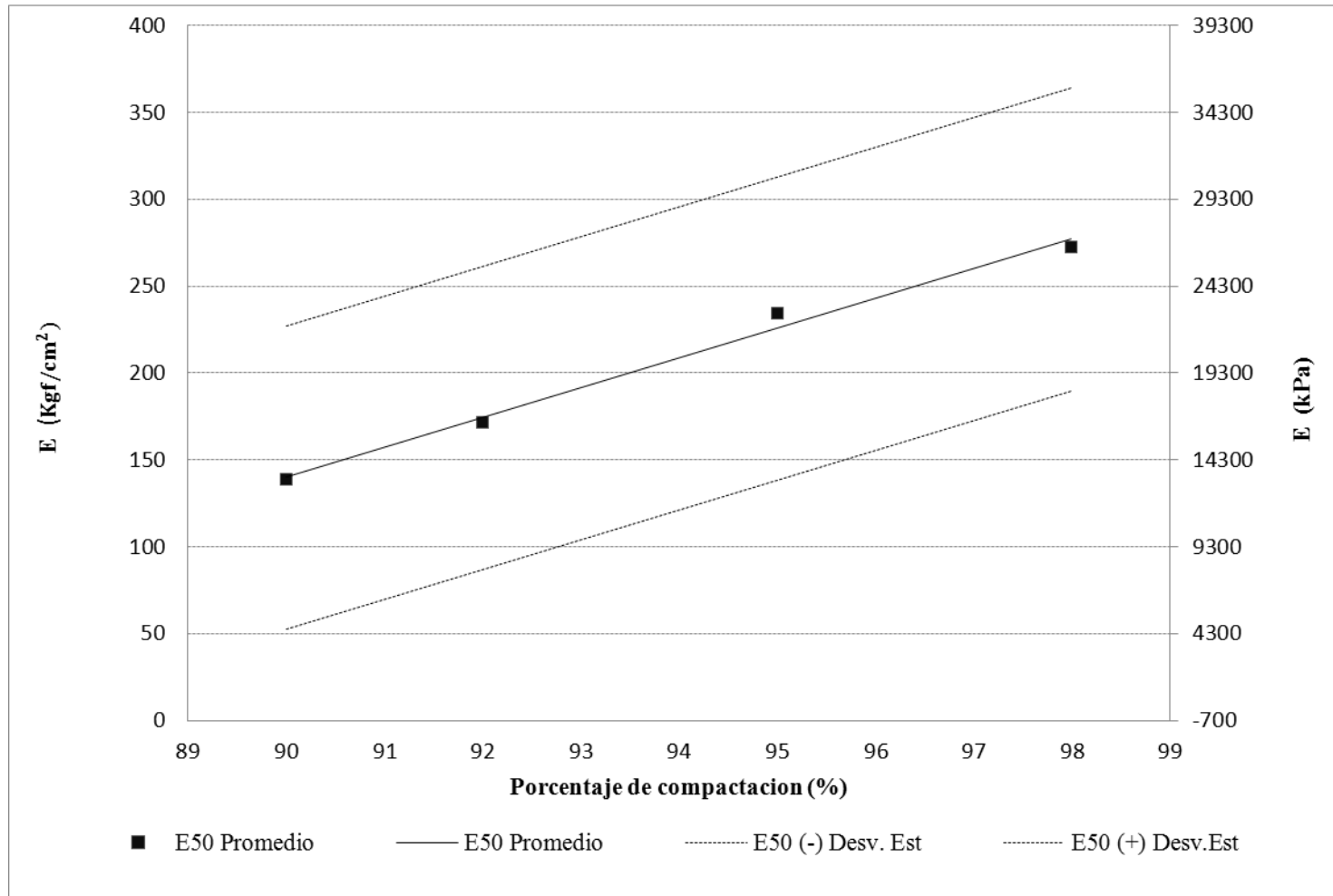


Grafico IV-2 E50 ± Desviacion estandar vs Grado de compactacion.

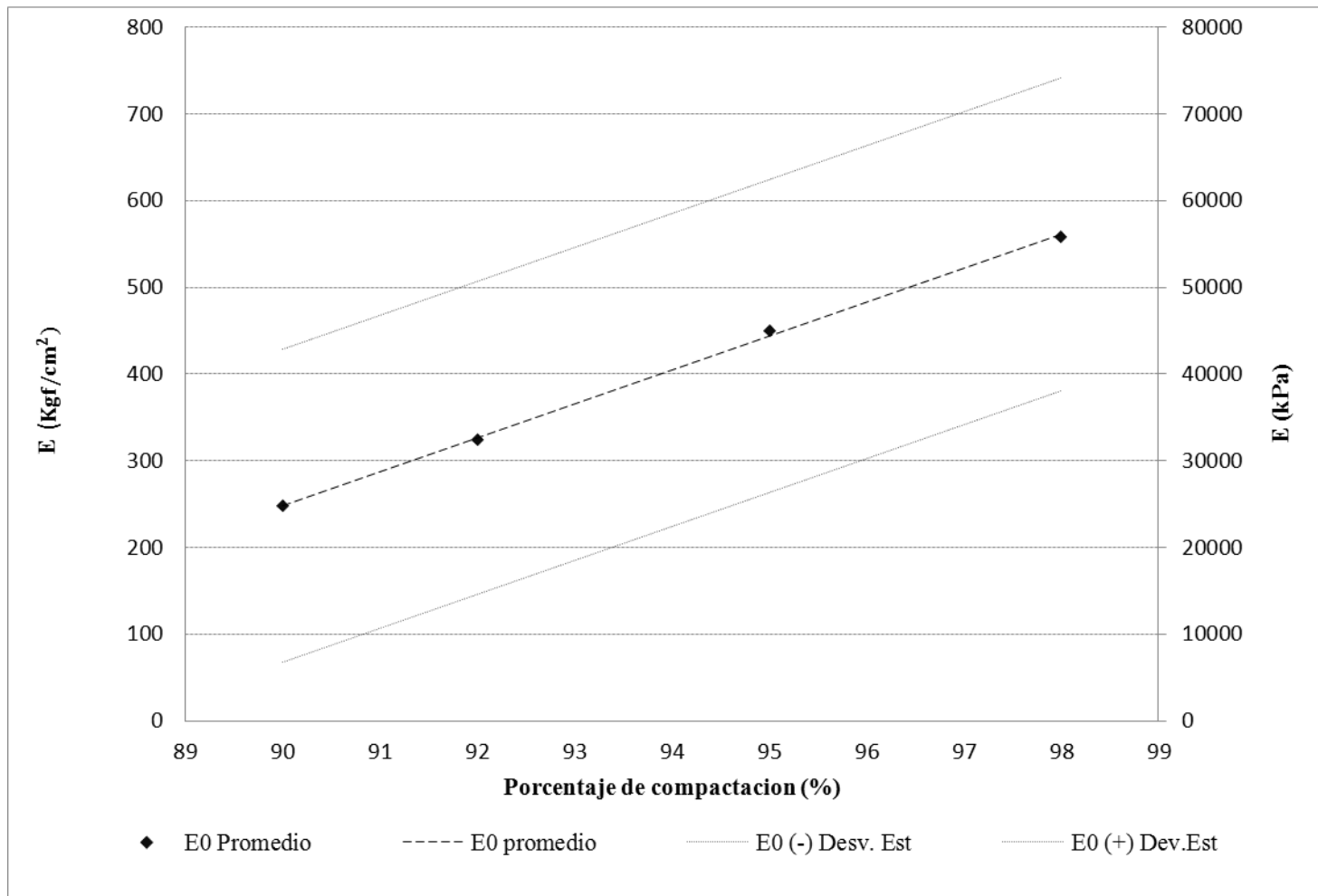


Grafico IV-3 $E_0 \pm$ Desviación estandar vs Grado de compactacion.

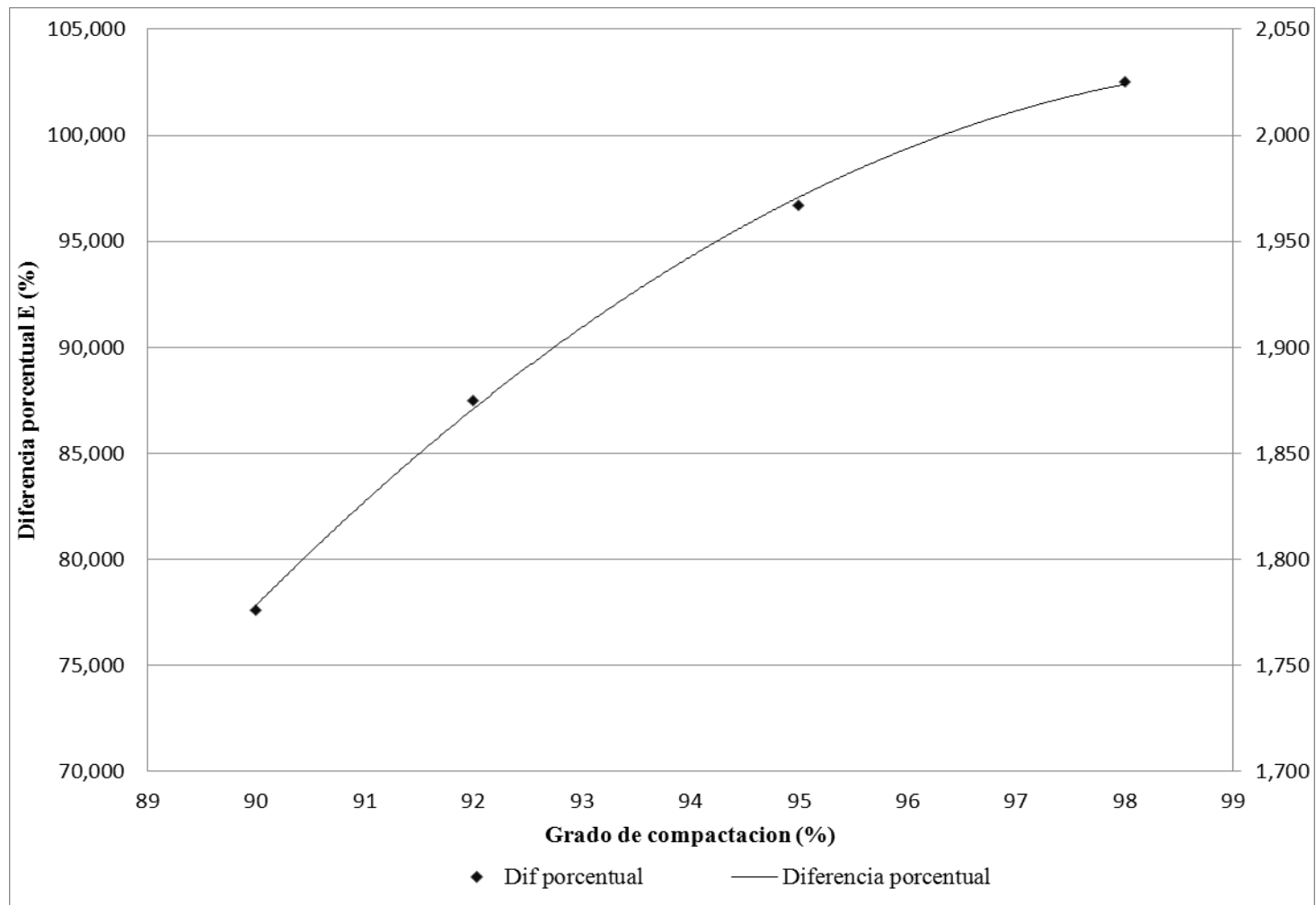


Grafico IV-4 Diferencia porcentual entre E50 y E0 vs Grado de compactacion.

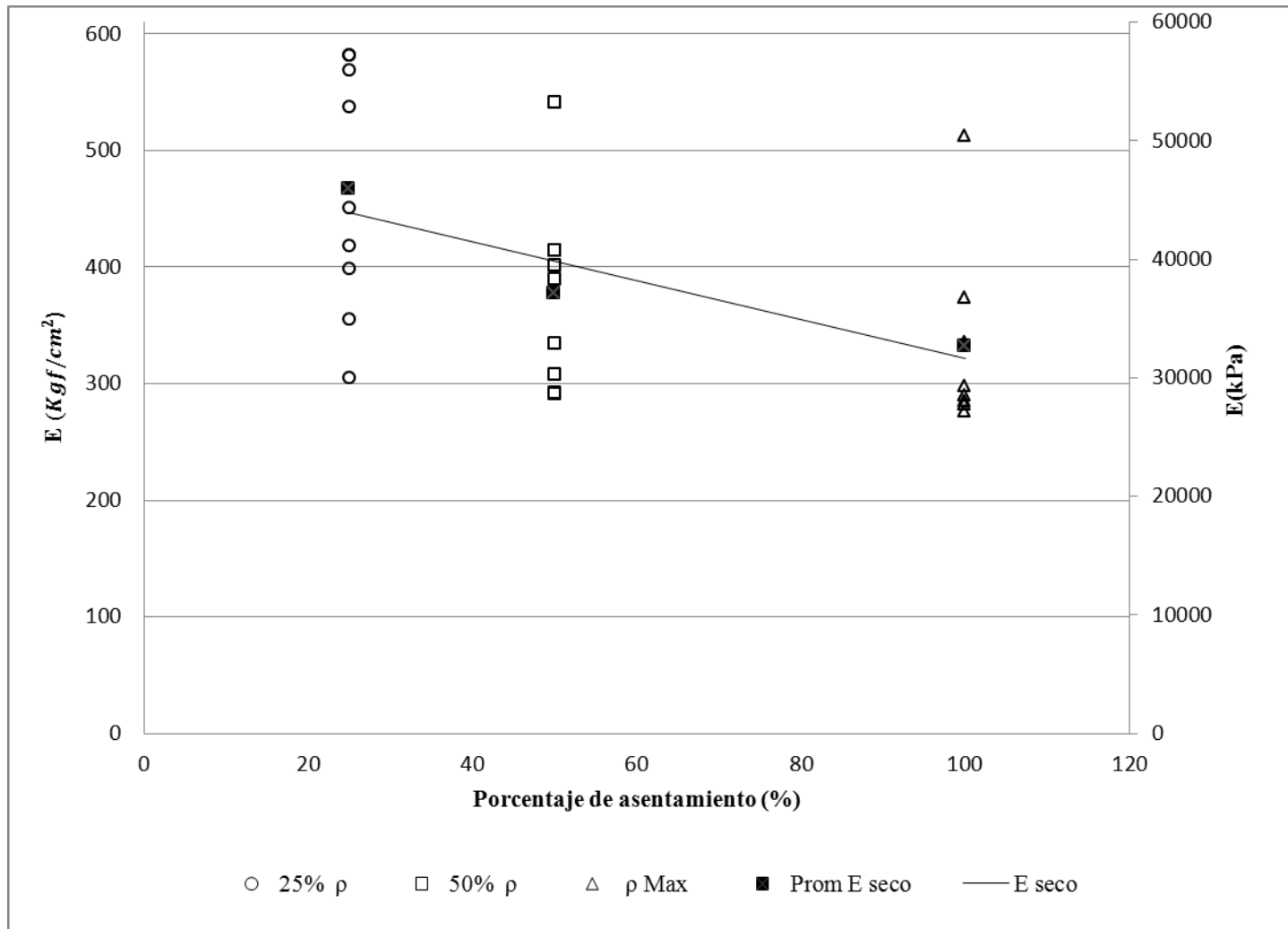


Grafico IV-5 Modulo de elasticidad (Pba. Plato) vs Porcentaje de deformación total en prueba de plato.

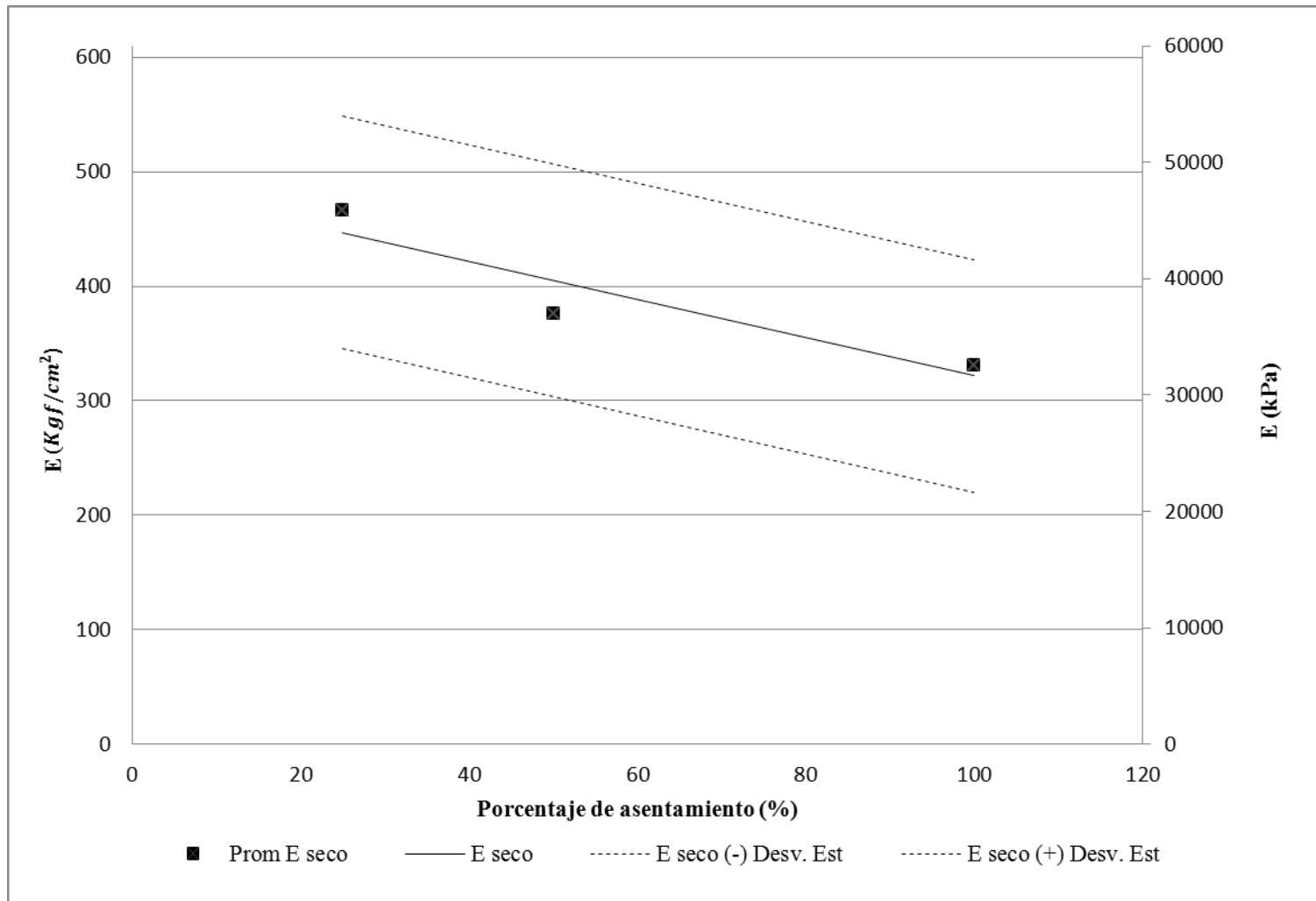


Grafico IV-6 Modulo de elasticidad (Pba. Plato) $\pm$ Desviacion estandar vs Porcentaje de deformación total en prueba de plato..

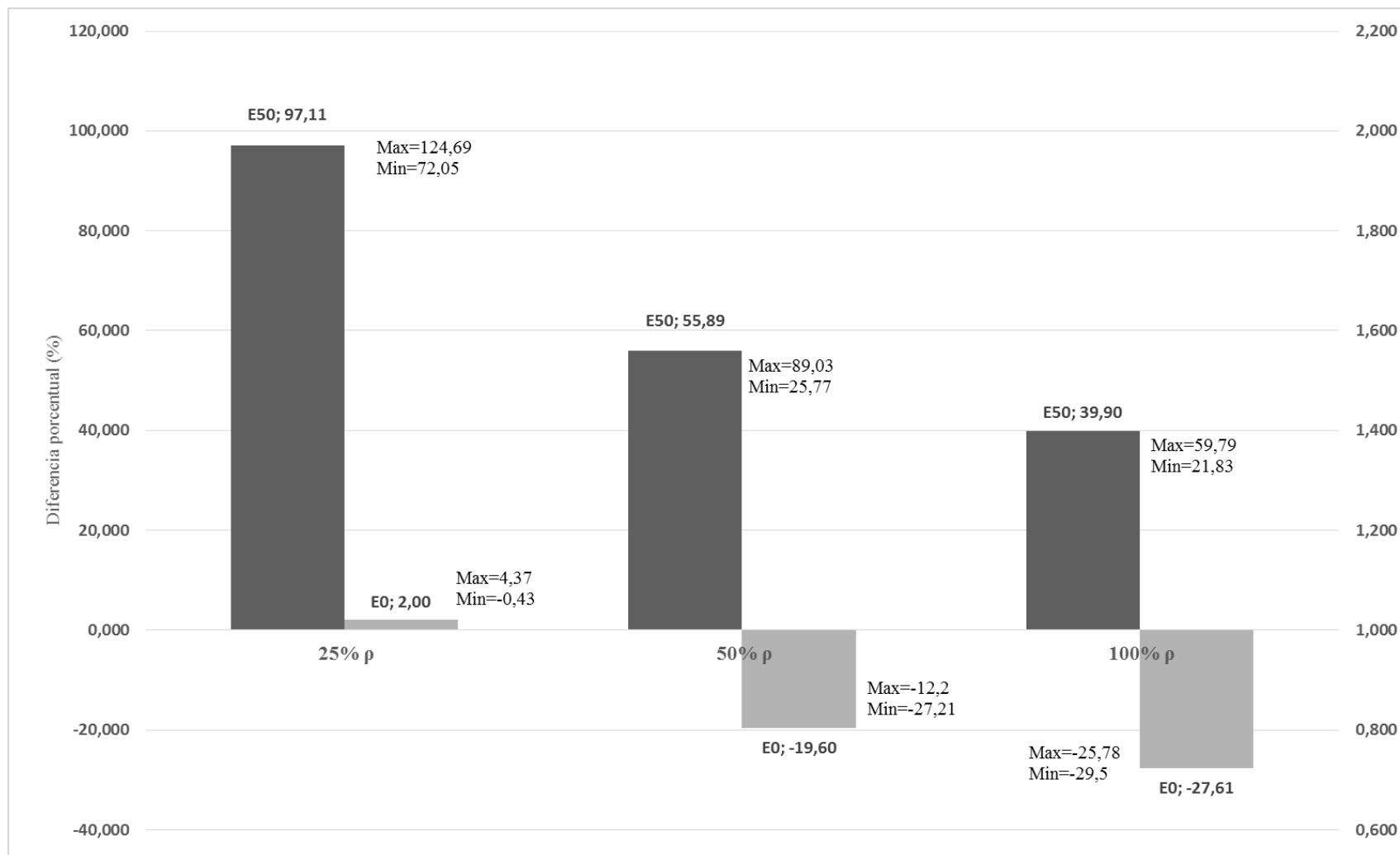


Grafico IV-7 Diferencia porcentual entre E laboratorio con Ecampo (según % ρ).

Conclusiones

- 1- Se cumplieron los objetivos planteados en la investigación al obtener la correlación de *Modulo de elasticidad vs Grado de compactación* para rellenos compactados conformados con material granular que clasifique como tipo A-2-4. En general se observa un incremento del parámetro geomecánico del suelo “Modulo de elasticidad”, con el incremento del grado de compactación.
- 2- Se determinaron tendencias que permiten estimar los parámetros Pseudo E_0 y E_{50} según el grado de compactación para un material A-2-4. Se observó que el parámetro E_0 se incrementa a una tasa mayor que el E_{50} a medida que aumenta el grado de compactación. Esta tasa de incremento es mayor en un 8,3% para cada nivel de compactación.
- 3- Se determinó la diferencia porcentual entre los valores de E_0 en función de E_{50} para diferentes grados de compactación. Estas diferencias varían entre un 77,6% y 102,5% (Ver figura IV-4 página 45).
- 4- Como análisis complementarios, se llevó a cabo la comparación del módulo de Young determinado *in situ* mediante pruebas de plato, con los obtenidos en esta investigación para un porcentaje de compactación del 95% y un contenido de humedad cercano a la humedad óptima. En general, se observa que para bajos niveles de deformación (25% del asentamiento máximo de la prueba plato), la variación campo-laboratorio es inferior al 5%, lo cual implica que los valores de E_0 obtenidos en ensayos TX UU son representativos de las condiciones de campo para bajos niveles de deformación. Para mayores niveles de deformación (50% a 100% del asentamiento máximo de la prueba de plato), la variación de los valores de E en campo respecto a los de E_{50} obtenidos en laboratorio se encuentra entre 20% y 60%.
- 5- La correlación obtenida puede ser empleada para la estimación de los parámetros de elasticidad de rellenos, siempre que no se cuente con

disponibilidad de muestras provenientes de los préstamos que se emplearán en el proyecto para la ejecución de ensayos de laboratorio.

- 6- Para propósitos de diseño de fundaciones, se recomienda el empleo de E_0 , bien sea el obtenido a partir de ensayos triaxiales UU sobre muestras obtenidas en los préstamos a utilizar para construir el relleno, o bien mediante el empleo de la correlación desarrollada en este trabajo; puesto que este valor se considera representativo de las condiciones de bajos niveles de deformación esperados en fundaciones apoyadas sobre rellenos estructurales granulares. Sin embargo, cuando no se cuente con mayor información sobre las características del proyecto, o bien no se cuenta con una exploración geotécnica detallada del área de estudio, se recomienda emplear los valores de E_{50} , a fin de contar con un factor de seguridad adicional en el diseño de fundaciones.

Recomendaciones

- 1- Complementar esta investigación con mayor cantidad de ensayos triaxiales y de pruebas de plato, considerando diferentes presiones de confinamiento en los ensayos triaxiales, a fin de contar con mayor cantidad de data para comparar el comportamiento campo-laboratorio.
- 2- Se sugiere prestar especial atención en la preparación de la muestra y ajuste del equipo TX durante la realización de los ensayos, a fin de obtener una mayor precisión en la estimación de los módulos de deformación de laboratorio.

Bibliografía

- Bowles, J. E. (1981) ***“Manual de laboratorio de suelos de ingeniería Civil”***
Bogota: McGRAW-HILL
- Lambe, W., & Whitman, R. (1979). ***“Mecánica de Suelos”***. Limusa (Libro publicado en 1969)
- Ugas, C. (1985). ***“Ensayos de laboratorio en Mecánica de Suelos”***. Caracas: Manual.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). ***“An Introduction to Geotechnical Engineering”***. Editorial Prentice Hall.
- Rico Rodríguez, A., & Del Castillo (2005). ***“La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y autopistas. Volumen 1”***. México, D.F.: Limusa S.A. Grupo Noriega Editores. (Libro publicado en 1974).
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). ***“Metodología de la Investigación”***. México, D. F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hilf, J. (1991) ***“Compacted Fill”***. Foundation Engineering Handbook. Second Edition. Edited by Hsai-Yang Fang. pp.249-309. USA.
- Boiero, A. y Rosales, C. (2016) ***“Estimación de Parámetros Elásticos para el Cálculo de Asentamientos Inmediatos en Suelos Friccionantes y Cohesivos”***. Boletín Técnico de la Sociedad Venezolana de Geotecnia – Septiembre, 2016. Caracas, Venezuela.
- Simons, N., Menzies, B. and Matthews, M. (2002) ***“A Short Course in Geotechnical Site Investigation”***. Thomas Telford. London, U.K.



UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Anexos

CORRELACION MODULO DE ELASTICIDAD vs GRADO DE COMPACTACION PARA RELLENOS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÒLICA ANDRÈS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR:

José Daniel Brazón Pérez

Luis José Rangel Salcedo

PROFESOR GUÌA:

Ing. Alvaro Boiero

FECHA:

Caracas, MES Junio 2019

ANEXOS

Anexo A. Clasificación material 1

Anexo A-1 Ensayos de gravedad específica

Ensayo de gravedad específica (ASTM D854-14)

Material 1	Muestras								
Datos del ensayo	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9
Profundidad (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Picnometro	10	11	12	8	7	9	1	2	6
Suelo seco (Wo) gr	34,22	39,87	41,37	48,31	49,65	42,80	42,75	41,63	41,20
Peso picnometro (gr)	94,9	94,05	103,72	93,44	92,27	92,16	53,91	52,64	52,83
Picnometro + Agua (gr)	343,86	343,1	352,76	342,27	341,02	341,16	153,58	152,34	152,50
Picnometro + suelo seco (gr)	129,12	133,9	145,09	141,75	141,92	134,96	96,66	94,27	94,03
Picnometro + suelo + agua (gr)	365,22	368,1	378,65	372,45	372,04	367,88	180,17	178,25	178,22
Temperatura (°C)	24,1	24,1	24,1	23,50	23,60	23,50	20,40	20,40	22,60
Gravedad específica del suelo (GS) Temp-Ensayo	2,66	2,67	2,67	2,66	2,66	2,66	2,65	2,65	2,66
Gravedad específica del suelo (GS) 20°C	2,66	2,66	2,67	2,66	2,66	2,66	2,65	2,65	2,66

**Ensayo de gravedad especifica
(ASTM D854-14)**

Material 2

Muestras

Datos del ensayo	P-10	P-11	P-12	P-13	P-14
Profundidad (m)	0	0	0	0	0
Picnometro	7	8	9	9	12
Suelo seco (Wo) gr	46,45	47,16	43,10	50,03	50,97
Peso picnometro (gr)	92,27	93,44	92,16	92,16	103,72
Picnometro + Agua (gr)	340,75	341,97	340,92	341,09	352,72
Picnometro + suelo seco (gr)	138,72	140,60	135,26	142,19	154,69
Picnometro + suelo + agua (gr)	269,88	371,70	368,07	372,34	384,52
Temperatura (°C)	28,70	28,40	28,20	25,00	25,00
Gravedad especifica del suelo (GS) Temp-	2,68	2,71	2,70	2,66	2,66
Gravedad especifica del suelo (GS) 20°C	2,67	2,70	2,70	2,66	2,66

Anexo A-2. Ensayo de límites de consistencia

Ensayo de límites de consistencia (ASTM D4318-10)

Material 1

Muestras	N° Golpes	Capsula No.	Peso de la capsula (gr)	Peso del suelo humedo (gr)	Peso del suelo seco (gr)	% de humedad	Resultados	
P-1	21	H-27	70,52	84,82	82,29	21,50	LL:	21
	21	P-1	69,36	86,74	83,67	21,45	LP:	16
							IP:	5
	Lp	C-4	70,18	77,95	76,9	15,63		
P-2	21	A-24	70,6	87,25	84,51	19,70	LL:	19
	21	E-17	70,16	83,31	81,14	19,76	LP:	15
							IP:	4
	Lp	A-7	69,23	77,88	76,76	14,87		
P-3	22	C-13	71,18	83,44	81,46	19,26	LL:	19
	22	226	70,01	83,84	81,63	19,02	LP:	15
							IP:	4
	Lp	XI	73,72	85,09	83,62	14,85		
P-4	21	H-27	70,52	84,82	82,51	19,27	LL:	19
	21	P-1	69,36	86,74	83,97	18,96	LP:	15
							IP:	4
	Lp	C-4	70,18	77,95	76,96	14,60		
P-5	21	A-25	70,60	87,25	84,51	19,70	LL:	19
	21	E-17	70,16	83,31	81,14	19,76	LP:	15
							IP:	4
	Lp	A-7	69,23	77,88	76,76	14,87		
P-6	22	C-13	71,18	83,44	81,45	19,38	LL:	19
	22	226	70,01	83,84	81,63	19,02	LP:	15
							IP:	4
	Lp	XI	73,72	85,09	83,62	14,85		
P-7	20	73	72,55	80,50	79,13	20,82	LL:	20
	20	69	69,26	79,67	77,88	20,77	LP:	16
							IP:	4
	Lp	72	71,93	82,57	81,10	16,03		
P-8	21	Y-4	70,11	81,47	79,51	20,85	LL:	21
	21	201	82,97	95,66	93,42	21,44	LP:	17
							IP:	4
	Lp	X-7	70,45	78,04	76,96	16,59		
P-9	20	I-9	70,84	81,90	80,01	20,61	LL:	20
	20	319	70,54	82,20	80,15	21,33	LP:	16
							IP:	4
		G-20	72,66	84,19	82,58	16,23		

**Ensayo de limites de consistencia
(ASTM D4318-10)**

Muestras	N° Golpes	Capsula No.	Peso de la capsula (gr)	Peso del suelo humedo (gr)	Peso del suelo seco (gr)	% de humedad	Resultados	
P-10	30	2	72.39	84.32	82.42	18.94	LL:	20
	25	202	73.67	82.25	80.83	19.83	LP:	15
	22	H29	73.85	81.25	79.95		IP:	5
	LP	N19	86.95	94.86	93.84	14.80		
P-11	30	2	72.39	84.32	82.42	18.94	LL:	20
	25	202	73.67	82.25	80.83	19.83	LP:	15
	22	H29	73.85	81.25	79.95		IP:	5
	LP	N19	86.95	94.86	93.84	14.80		
P-12	30	2	72.39	84.32	82.42	18.94	LL:	20
	25	202	73.67	82.25	80.83	19.83	LP:	15
	22	H29	73.85	81.25	79.95		IP:	5
	LP	N19	86.95	94.86	93.84	14.80		
P-13	21	L-411	70.24	84.85	82.22	21.95	LL:	22
	21	H-24	71.44	89.52	86.24	22.16	LP:	17
							IP:	5
	LP	K-1	70.75	83.77	81.88	16.98		
P-14	20	W-2	69.91	91.45	87.53	22.25	LL:	22
	20	Z-12	70.54	86.08	83.26	22.17	LP:	17
							IP:	5
	LP	226	70.01	78.57	77.34	16.78		

Anexo A-3. Granulometría por Tamizado e Hidrómetro
(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	58.58	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	-------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.27	3.875	3.875	96.125	96.125
#40	0.425	7.16	12.223	16.098	12.715	83.902
#100	0.15	24.41	41.670	57.767	49.664	42.233
#200	0.075	4.42	7.545	65.312	17.866	34.688

Hidrometria

Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Hidrómetro N°:		Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	Gs= 2.66	a= 0.99	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
			Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)			k	L			
2	20	25.5	2	1	1.3	20.3	0.01278	12.9	0.03246	34.31	34
5	19	25.5	2	1	1.3	19.3	0.01278	13	0.02061	32.62	33
30	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01278	13.2	0.00848	30.93	31
60	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01278	13.2	0.00600	30.93	31
240	17	25.5	2	1	1.3	17.3	0.01278	13.3	0.00301	29.24	29
1440	17	24.5	2	1	1	17	0.01293	13.3	0.00124	28.73	29

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	69.37	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	-------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	3.02	4.353	4.353	95.647	95.647
#40	0.425	9.8	14.127	18.481	14.770	81.519
#100	0.15	30.19	43.520	62.001	53.386	37.999
#200	0.075	3.28	4.728	66.729	12.443	33.271

Hidrometria

Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Hidrómetro N°:		Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	Gs= 2.66	a= 0.99	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
			Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)			k	L			
2	21	25.5	2	1	1.3	21.3	0.01278	12.7	0.03221	30.40	30
5	21	25.5	2	1	1.3	21.3	0.01278	12.7	0.02037	30.40	30
30	20	25.5	2	1	1.3	20.3	0.01278	12.9	0.00838	28.97	29
60	20	25.5	2	1	1.3	20.3	0.01278	12.9	0.00593	28.97	29
240	19	25.5	2	1	1.3	19.3	0.01278	13	0.00297	27.54	28
1440	19	24.5	2	1	1	19	0.01293	13	0.00123	27.12	27

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	70.29	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	-------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	3.27	4.652	4.652	95.348	95.348
#40	0.425	9.01	12.818	17.470	13.444	82.530
#100	0.15	29.38	41.798	59.269	50.646	40.731
#200	0.075	6.23	8.863	68.132	21.760	31.868

Hidrometria

			Hidrómetro N°:				Gs= 2.67	a= 0.99			
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	22	25.5	2	1	1.3	22.3	0.01274	12.5	0.03186	31.41	31
5	22	25.5	2	1	1.3	22.3	0.01274	12.5	0.02015	31.41	31
30	21	25.5	2	1	1.3	21.3	0.01274	12.7	0.00829	30.00	30
60	20	25.5	2	1	1.3	20.3	0.01274	12.9	0.00591	28.59	29
240	19	25.5	2	1	1.3	19.3	0.01274	13	0.00297	27.18	27
1440	19	24.5	2	1	1	19	0.01289	13	0.00123	26.76	27

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	207.14	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.09	1.009	1.009	98.991	98.991
#40	0.425	7.35	3.548	4.557	3.584	95.443
#100	0.15	21.09	10.182	14.739	10.668	85.261
#200	0.075	3.66	1.767	16.506	2.072	83.494

Hidrometria

			Hidrómetro N°:				Gs= 2.66	a= 0.99			
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	15	25.5	2	1	1.3	15.3	0.01278	13.7	0.03345	29.13	29
5	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.02124	27.23	27
30	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00867	27.23	27
60	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00613	27.23	27
240	13	25.5	2	1	1.3	13.3	0.01278	14	0.00309	25.32	25
1440	13	24.5	2	1	1	13	0.01293	14	0.00128	24.75	25

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	201.04	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.14	1.064	1.064	98.936	98.936
#40	0.425	6.16	3.064	4.129	3.097	95.871
#100	0.15	21.26	10.575	14.704	11.030	85.296
#200	0.075	6.47	3.218	17.922	3.773	82.078

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.66	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.03358	26.00	26
5	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.02124	26.00	26
30	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00867	26.00	26
60	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00613	26.00	26
240	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00307	26.00	26
1440	13	24.5	2	1	1	13	0.01293	14	0.00128	23.63	24

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	214.6	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	-------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	1.71	0.797	0.797	99.203	99.203
#40	0.425	7.1	3.308	4.105	3.335	95.895
#100	0.15	19.45	9.063	13.169	9.451	86.831
#200	0.075	4.87	2.269	15.438	2.614	84.562

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.66	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	15	25.5	2	1	1.3	15.3	0.01278	13.7	0.03345	29.65	30
5	15	25.5	2	1	1.3	15.3	0.01278	13.7	0.02116	29.65	30
30	15	25.5	2	1	1.3	15.3	0.01278	13.7	0.00864	29.65	30
60	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00613	27.71	28
240	14	25.5	2	1	1.3	14.3	0.01278	13.8	0.00307	27.71	28
1440	13	24.5	2	1	1	13	0.01293	14	0.00128	25.19	25

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	206.39	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.21	1.071	1.071	98.929	98.929
#40	0.425	5.78	2.801	3.871	2.831	96.129
#100	0.15	21.76	10.543	14.414	10.968	85.586
#200	0.075	7.46	3.615	18.029	4.223	81.971

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs= 2.65		a= 1.00			
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	20	25.5	2	1	1.3	20.3	0.01282	12.9	0.03256	35.53	36
5	19	25.5	2	1	1.3	19.3	0.01282	13	0.02067	33.78	34
30	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.00850	32.03	32
60	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.00601	32.03	32
240	17	25.5	2	1	1.3	17.3	0.01282	13.3	0.00302	30.28	30
1440	17	24.5	2	1	1	17	0.01297	13.3	0.00125	29.76	30

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	250.71	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	1.86	0.742	0.742	99.258	99.258
#40	0.425	6.05	2.413	3.155	2.431	96.845
#100	0.15	21.73	8.667	11.822	8.950	88.178
#200	0.075	7.06	2.816	14.638	3.194	85.362

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.65	a=	1.00		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.03294	33.32	33
5	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.02083	33.32	33
30	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.00850	33.32	33
60	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01282	13.2	0.00601	33.32	33
240	17	25.5	2	1	1.3	17.3	0.01282	13.3	0.00302	31.50	32
1440	17	24.5	2	1	1	17	0.01297	13.3	0.00125	30.95	31

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	196.53	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	1.68	0.855	0.855	99.145	99.145
#40	0.425	5.64	2.870	3.725	2.895	96.275
#100	0.15	19.72	10.034	13.759	10.422	86.241
#200	0.075	6.78	3.450	17.209	4.000	82.791

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.66	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01278	13.2	0.03284	35.16	35
5	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01278	13.2	0.02077	35.16	35
30	18	25.5	2	1	1.3	18.3	0.01278	13.2	0.00848	35.16	35
60	17	25.5	2	1	1.3	17.3	0.01278	13.3	0.00602	33.24	33
240	16	25.5	2	1	1.3	16.3	0.01278	13.5	0.00303	31.32	31
1440	16	24.5	2	1	1	16	0.01293	13.5	0.00125	30.74	31

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	191.48	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	1.58	0.825	0.825	99.175	99.175
#40	0.425	5.06	2.643	3.468	2.665	96.532
#100	0.15	21.14	11.040	14.508	11.437	85.492
#200	0.075	8.1	4.230	18.738	4.948	81.262

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.67	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hidr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	23	26	2	1	1.65	23.65	0.01265	12.4	0.03151	42.52	43
5	22	25.5	2	1	1.3	22.3	0.01272	12.5	0.02012	40.09	40
30	20	25	2	1	1.3	20.3	0.01280	12.9	0.00839	36.49	36
60	20	25	2	1	1.3	20.3	0.01280	12.9	0.00593	36.49	36
240	19	24	2	1	1	19	0.01295	13	0.00301	34.16	34
1440	18	24	2	1	1	18	0.01295	13.2	0.00124	32.36	32

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	120	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
-----------------------------	-----	---	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.22	1.850	1.850	98.150	98.150
#40	0.425	5.07	4.225	6.075	4.305	93.925
#100	0.15	19.84	16.533	22.608	17.603	77.392
#200	0.075	8.85	7.375	29.983	9.529	70.017

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.7	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	22	26	2	1	1.65	22.65	0.01256	12.5	0.03140	40.77	41
5	21	26	2	1	1.65	21.65	0.01256	12.7	0.02002	38.97	39
30	20	25	2	1	1.3	20.3	0.01270	12.9	0.00833	36.54	37
60	20	25	2	1	1.3	20.3	0.01270	12.9	0.00589	36.54	37
240	19	24	2	1	1	19	0.01286	13	0.00299	34.20	34
1440	18	24	2	1	1	18	0.01286	13.2	0.00123	32.40	32

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	110	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
-----------------------------	-----	---	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#20	0.85	2.06	1.873	1.873	98.127	98.127
#40	0.425	5.13	4.664	6.536	4.753	93.464
#100	0.15	20.73	18.845	25.382	20.163	74.618
#200	0.075	9.23	8.391	33.773	11.245	66.227

Hidrometria

			Hidrómetro N°:			Gs=	2.7	a=	0.99		
Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.	% Pas. Parcial	% Pas. Total
2	21	26	2	1	1.65	21.65	0.01257	12.7	0.03167	42.07	42
5	21	26	2	1	1.65	21.65	0.01257	12.7	0.02003	42.07	42
30	19	25	2	1	1.3	19.3	0.01271	13	0.00837	37.50	38
60	19	25	2	1	1.3	19.3	0.01271	13	0.00592	37.50	38
240	18	24	2	1	1	18	0.01287	13.2	0.00302	34.98	35
1440	17	24	2	1	1	17	0.01287	13.3	0.00124	33.03	33

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	108.68	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	--------	--	--

Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#10	2.00	0.83	0.764	0.764	99.236	99.236
#20	0.85	2.37	2.181	2.181	97.819	97.819
#40	0.425	4.35	4.003	6.183	4.092	93.817
#100	0.15	20.17	18.559	24.742	19.782	75.258
#200	0.075	6.96	6.404	31.146	8.510	68.854

Hidrometria

Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Hidrómetro N°:			Gs= 2.66			a= 0.99	% Pas. Parcial	% Pas. Total
			Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.		
2	18	24.5	2	1	1	18	0.01293	13.2	0.03322	34.14	34
5	17	24.5	2	1	1	17	0.01293	13.3	0.02109	32.25	32
30	16	24.5	2	1	1	16	0.01293	13.5	0.00868	30.35	30
60	15	24.5	2	1	1	15	0.01293	13.7	0.00618	28.45	28
240	14	26	2	1	1.65	14.65	0.01271	13.8	0.00305	27.79	28
1440	14	25	2	1	1.3	14.3	0.01285	13.8	0.00126	27.13	27

(ASTM D-422-63 (Reapproved 2007) y ASTM D-4318-10)

Material 1

Peso del suelo seco (gr)	160.2	Peso seco pasante #10 para hidrometro (gr)	
--------------------------	-------	--	--

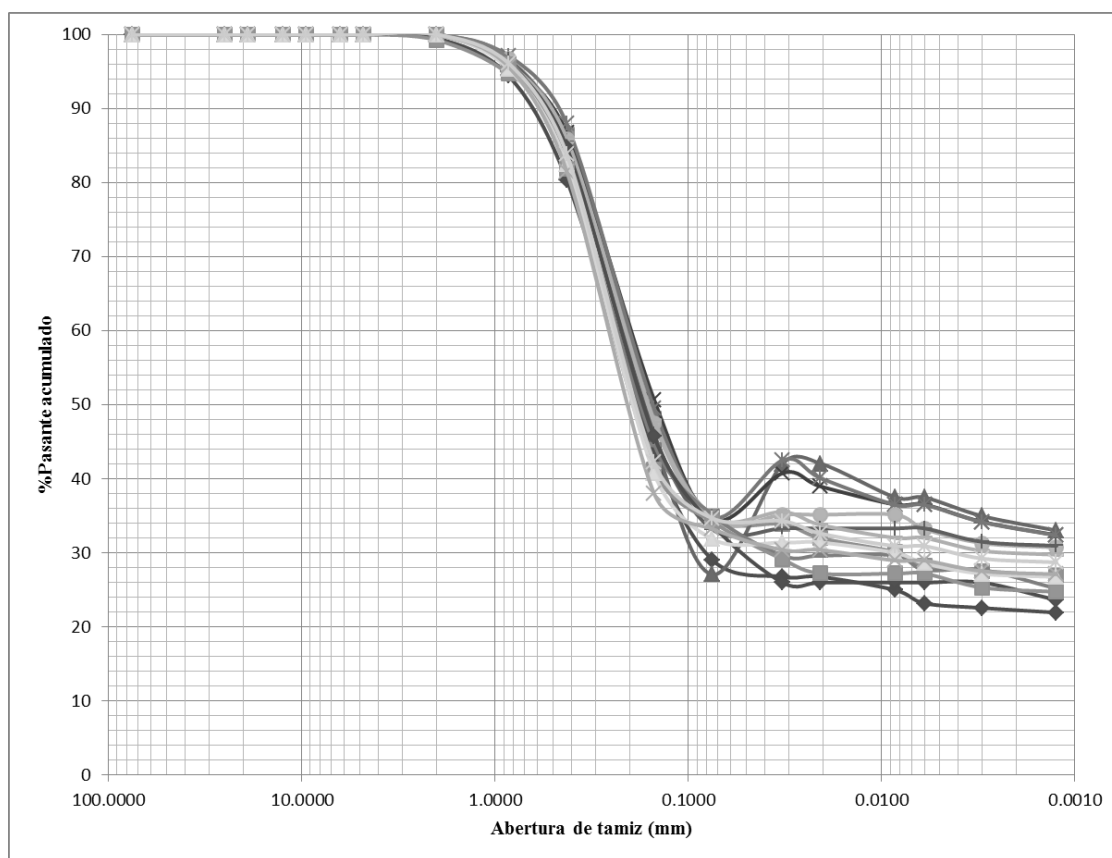
Granulometria

Tamiz Nro	Abertura (mm)	Retenido(gr)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante (%)	Pasante acumulado(%)
#10	2.00	0.79	0.493	0.493	99.507	99.507
#20	0.85	2.81	1.754	1.754	98.246	98.246
#40	0.425	7.8	4.869	6.623	4.956	93.377
#100	0.15	20.45	12.765	19.388	13.671	80.612
#200	0.075	8.02	5.006	24.395	6.210	75.605

Hidrometria

Lapso tiempo (min)	Lect. Hidr. (Ra)	Temp (°C)	Hidrómetro N°:			Gs= 2.66			a= 0.99	% Pas. Parcial	% Pas. Total
			Corr. defloc. (Cd)	Corr. Menisco (Cm)	Corr. temperatura (Ct)	Lect. hydr. corr. (Rc)	k	L	Diám.		
2	15	24.5	2	1	1	15	0.01293	13.7	0.03385	26.90	27
5	15	24.5	2	1	1	15	0.01293	13.7	0.02141	26.90	27
30	14	24.5	2	1	1	14	0.01293	13.8	0.00877	25.11	25
60	13	24.5	2	1	1	13	0.01293	14	0.00625	23.32	23
240	12	26	2	1	1.65	12.65	0.01271	14.2	0.00309	22.69	23
1440	12	25	2	1	1.3	12.3	0.01285	14.2	0.00128	22.06	22

Anexo A-4 Curvas de Granulometría e Hidrómetro

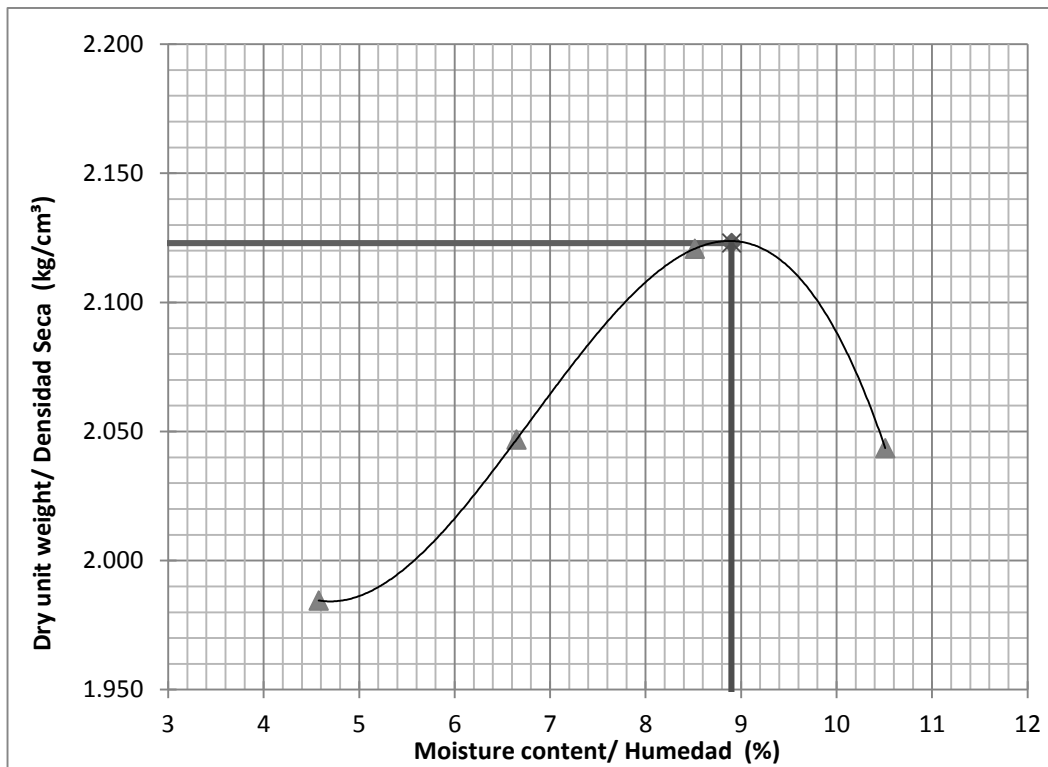


Anexo A.5 Ensayo Proctor Modificado
ASTM D 698-07 (NORMAL) / 1557-10 (MODIFICADO)

DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de Proctor	Diámetro del molde	Peso del Molde (gr.)	Volumen del molde	N° de capas	Golpes por capa	Peso del Martillo (lb)	Altura de Caída
M	4"	4242	929.00	5	25	10	18

Molde + Suelo (gr.)	Peso de Suelo (gr.)	Dens. Húm. (Kg/m³)	Env. N°	Cálculo de Humedad (pesos en gramos)					% W	Dens. Seca (Kg/m³)
				Tara env.	Env. + suelo húmedo	Env. + suelo seco	Peso del	Peso de		
6170	1928	2075	T-53	61.2	429.06	412.97	16.1	352	5	1985
6270	2028	2183	T-74	59.3	528.33	499.09	29.2	440	7	2047
6380	2138	2301	T-42	59.6	421.26	392.88	28.4	333	9	2121
6340	2098	2258	T-3	56	434.65	398.64	36.0	343	11	2044

DENSIDAD MÁXIMA SECA (Kg/m³):	2123	HUMEDAD ÓPTIMA (%Wop):	9
-------------------------------	------	------------------------	---



Anexo B. Ensayos Triaxiales

Anexo B-1 Datos 90% Probeta #22

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

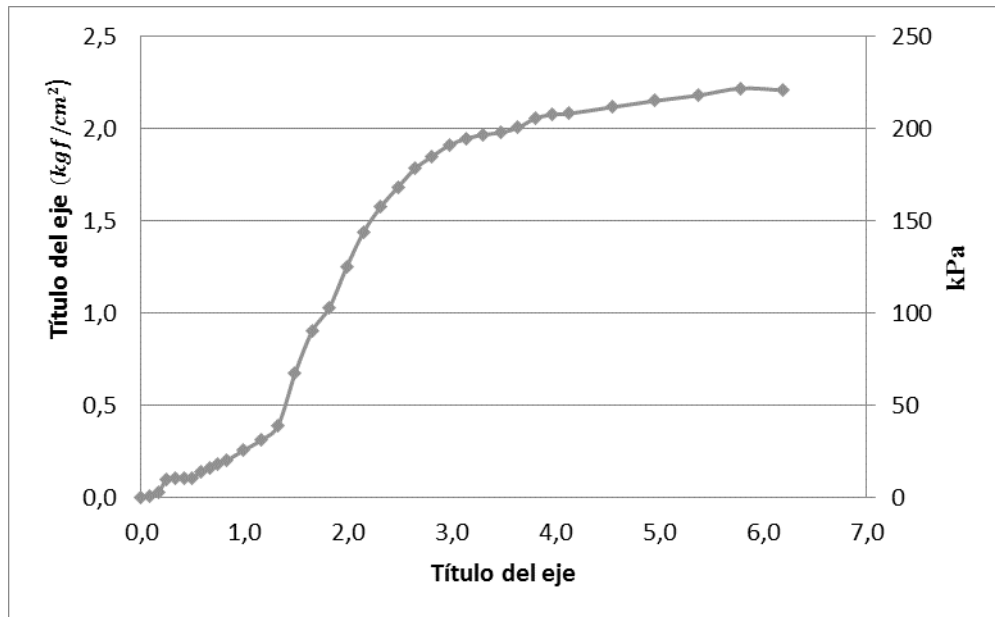
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	22	
Densidad maxima	2.123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	470.11	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	469.94	g
Peso seco de la probeta	432.12	g
Contenido de humedad	8.752	%
Altura inicial de probeta, L_0	12.100	cm
Diametro inicial de probeta, D_0	5.060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20.109	cm^2
G_s	2.7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243.320	cm^3
Densidad de probeta	1.932	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91.006	%

Anexo B-2 Resultados 90% Probeta #22

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0.000	20.109	0.00	0.0	0
0.1	0.001	20.126	0.20	0.0	0.994
0.2	0.002	20.142	0.51	0.0	2.482
0.3	0.002	20.159	2.04	0.1	9.921
0.4	0.003	20.176	2.14	0.1	10.408
0.5	0.004	20.193	2.14	0.1	10.399
0.6	0.005	20.209	2.14	0.1	10.391
0.7	0.006	20.226	2.86	0.1	13.843
0.8	0.007	20.243	3.26	0.2	15.807
0.9	0.007	20.260	3.67	0.2	17.768
1	0.008	20.277	4.08	0.2	19.726
1.2	0.010	20.310	5.20	0.3	25.109
1.4	0.012	20.344	6.32	0.3	30.474
1.6	0.013	20.379	7.95	0.4	38.274
1.8	0.015	20.413	13.77	0.7	66.133
2	0.017	20.447	18.46	0.9	88.518
2.2	0.018	20.481	21.11	1.0	101.063
2.4	0.020	20.516	25.59	1.2	122.339
2.6	0.021	20.551	29.57	1.4	141.109
2.8	0.023	20.585	32.43	1.6	154.472
3	0.025	20.620	34.67	1.7	164.879
3.2	0.026	20.655	36.81	1.8	174.766
3.4	0.028	20.690	38.24	1.8	181.236
3.6	0.030	20.726	39.56	1.9	187.200
3.8	0.031	20.761	40.38	1.9	190.734
4	0.033	20.797	40.89	2.0	192.813
4.2	0.035	20.832	41.20	2.0	193.923
4.4	0.036	20.868	41.81	2.0	196.466
4.6	0.038	20.904	42.93	2.1	201.391
4.8	0.040	20.940	43.44	2.1	203.433
5	0.041	20.976	43.64	2.1	204.036
5.5	0.045	21.067	44.56	2.1	207.428
6	0.050	21.158	45.48	2.1	210.784
6.5	0.054	21.251	46.29	2.2	213.632
7	0.058	21.344	47.31	2.2	217.384
7.5	0.062	21.438	47.31	2.2	216.431

Anexo B-3 Curva Esfuerzo Deformacion 90% #22



Anexo B-4 Datos 90% Probeta #23

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

Descripcion del suelo		
Numero de probeta	23	
Densidad maxima	2.123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	468.98	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	468.48	g
Peso seco de la probeta	430.42	g
Contenido de humedad	8.843	%
Altura inicial de probeta, L_0	12.100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5.060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20.109	cm^2
G_s	2.7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243.320	cm^3
Densidad de probeta	1.927	g/cm^3
Porcentaje de compactación	90.788	%

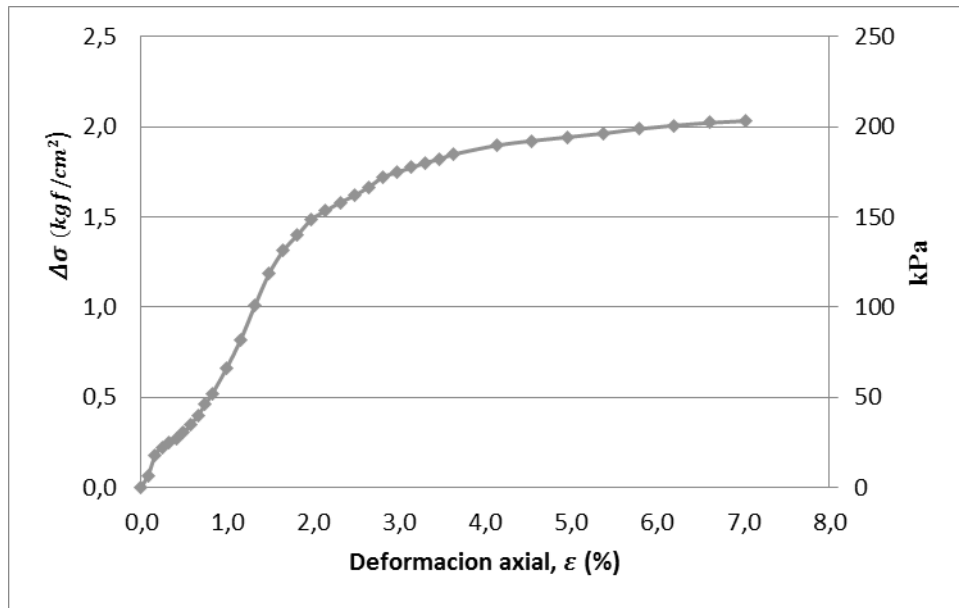
Anexo B-5 Resultados 90% Probeta #23

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)

(Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0.000	20.109	0.000	0.0	0
0.1	0.001	20.126	1.326	0.1	6.459
0.2	0.002	20.142	3.569	0.2	17.376
0.3	0.002	20.159	4.487	0.2	21.826
0.4	0.003	20.176	4.996	0.2	24.286
0.5	0.004	20.193	5.404	0.3	26.246
0.6	0.005	20.209	6.118	0.3	29.688
0.7	0.006	20.226	7.036	0.3	34.113
0.8	0.007	20.243	8.055	0.4	39.024
0.9	0.007	20.260	9.279	0.5	44.915
1	0.008	20.277	10.503	0.5	50.795
1.2	0.010	20.310	13.358	0.7	64.496
1.4	0.012	20.344	16.621	0.8	80.117
1.6	0.013	20.379	20.496	1.0	98.629
1.8	0.015	20.413	24.166	1.2	116.099
2	0.017	20.447	26.818	1.3	128.620
2.2	0.018	20.481	28.653	1.4	137.192
2.4	0.020	20.516	30.488	1.5	145.734
2.6	0.021	20.551	31.508	1.5	150.354
2.8	0.023	20.585	32.528	1.6	154.958
3	0.025	20.620	33.344	1.6	158.575
3.2	0.026	20.655	34.363	1.7	163.147
3.4	0.028	20.690	35.587	1.7	168.670
3.6	0.030	20.726	36.199	1.7	171.278
3.8	0.031	20.761	36.810	1.8	173.876
4	0.033	20.797	37.422	1.8	176.464
4.2	0.035	20.832	37.932	1.8	178.563
4.4	0.036	20.868	38.544	1.8	181.132
5	0.041	20.976	39.768	1.9	185.921
5.5	0.045	21.067	40.481	1.9	188.442
6	0.050	21.158	41.093	1.9	190.462
6.5	0.054	21.251	41.705	2.0	192.457
7	0.058	21.344	42.419	2.0	194.896
7.5	0.062	21.438	43.030	2.0	196.840
8	0.066	21.533	43.540	2.0	198.295
8.5	0.070	21.628	43.948	2.0	199.267

Anexo B-6 Curva Esfuerzo Deformacion 90% #23



Anexo B-7 Datos 90% Probeta #25

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

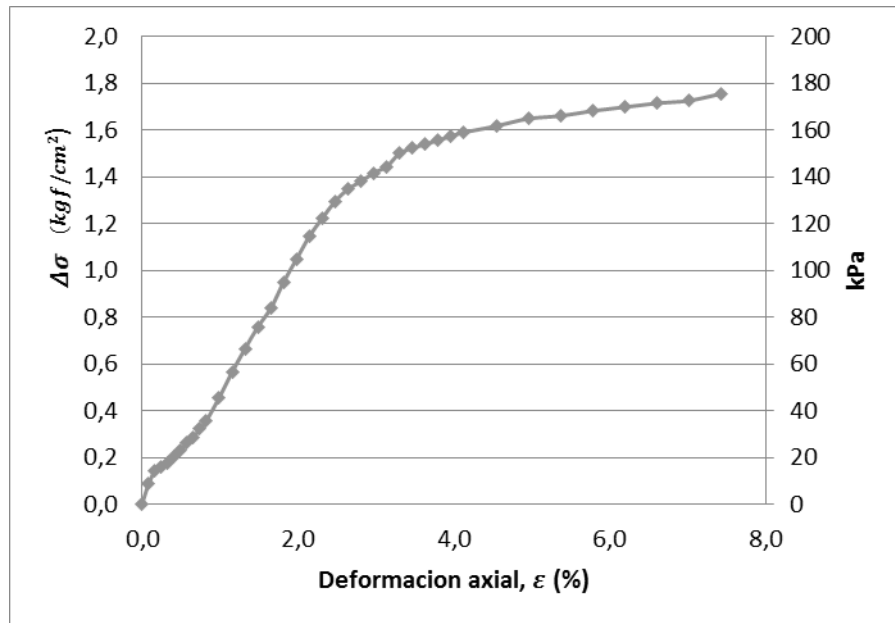
Descripcion del suelo			
Numero de probeta	25		
Densidad maxima	2.123	g/cm^3	
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	460.39	g	
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	459.9	g	
Peso seco de la probeta	422.14	g	
Contenido de humedad	8.945	%	
Altura inicial de probeta, L_0	12.100	cm	
Diametro inical de probeta, D_0	5.060	cm	
Area inicial de probeta, A_0	20.109	cm^2	
G_s	2.7		
Presion de confinamiento	100	Kpa	
Volumen probeta,	243.320	cm^3	
Densidad de probeta	1.892	g/cm^3	
Porcentaje de compactación	89.125	%	

Anexo B-8 Resultados 90% Probeta #25

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0.000	20.109	0.000	0.0	0
0.1	0.001	20.126	1.733	0.1	8.447
0.2	0.002	20.142	2.855	0.1	13.900
0.3	0.002	20.159	3.263	0.2	15.873
0.4	0.003	20.176	3.569	0.2	17.347
0.5	0.004	20.193	4.079	0.2	19.809
0.6	0.005	20.209	4.691	0.2	22.761
0.7	0.006	20.226	5.302	0.3	25.708
0.8	0.007	20.243	5.812	0.3	28.157
0.9	0.007	20.260	6.526	0.3	31.588
1	0.008	20.277	7.240	0.4	35.014
1.2	0.010	20.310	9.279	0.5	44.803
1.4	0.012	20.344	11.522	0.6	55.541
1.6	0.013	20.379	13.562	0.7	65.262
1.8	0.015	20.413	15.499	0.8	74.460
2	0.017	20.447	17.131	0.8	82.160
2.2	0.018	20.481	19.476	1.0	93.251
2.4	0.020	20.516	21.515	1.0	102.842
2.6	0.021	20.551	23.555	1.1	112.401
2.8	0.023	20.585	25.186	1.2	119.983
3	0.025	20.620	26.716	1.3	127.054
3.2	0.026	20.655	27.837	1.3	132.164
3.4	0.028	20.690	28.551	1.4	135.323
3.6	0.030	20.726	29.367	1.4	138.952
3.8	0.031	20.761	29.979	1.4	141.605
4	0.033	20.797	31.202	1.5	147.134
4.2	0.035	20.832	31.712	1.5	149.282
4.4	0.036	20.868	32.120	1.5	150.943
4.6	0.038	20.904	32.528	1.6	152.598
4.8	0.040	20.940	32.936	1.6	154.246
5	0.041	20.976	33.344	1.6	155.887
5.5	0.045	21.067	34.057	1.6	158.538
6	0.050	21.158	34.873	1.6	161.633
6.5	0.054	21.251	35.281	1.7	162.812
7	0.058	21.344	35.893	1.7	164.912
7.5	0.062	21.438	36.403	1.7	166.521
8	0.066	21.533	36.912	1.7	168.109
8.5	0.070	21.628	37.320	1.7	169.215
9	0.074	21.725	38.136	1.8	172.145

Anexo B-9 Curva Esfuerzo Deformación 90% #25



Anexo B-10 Datos 90% Probeta #19

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

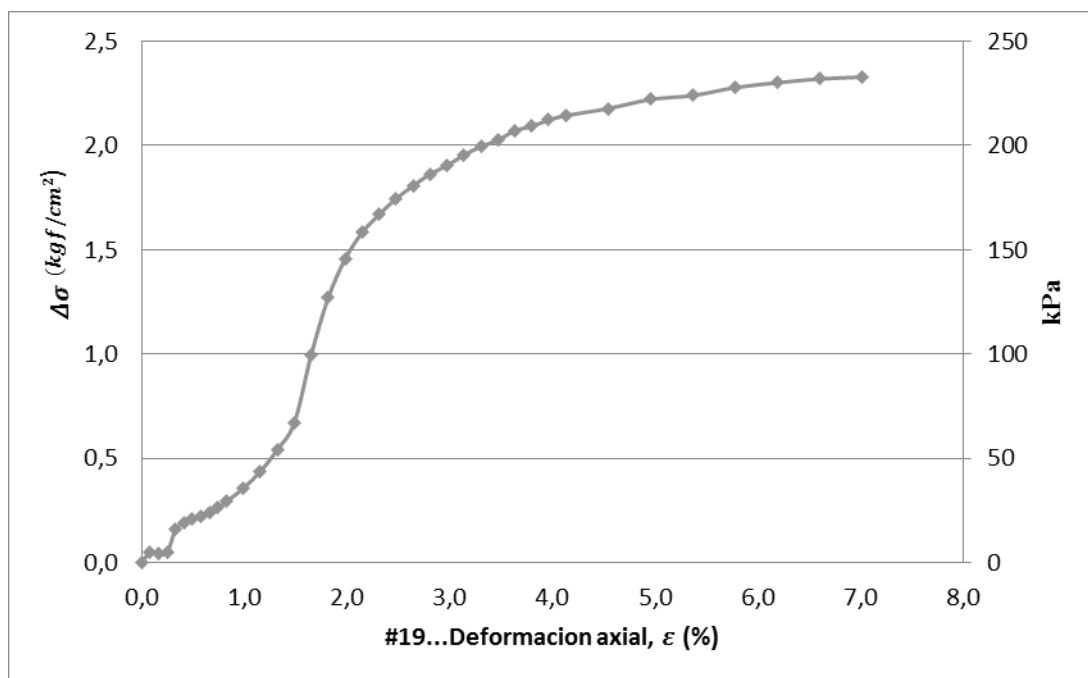
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	19	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	464,12	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	463,63	g
Peso seco de la probeta	425,96	g
Contenido de humedad	8,844	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,907	g/cm^3
Porcentaje de compactación	89,847	%

Anexo B-11 Resultados 90% Probeta #19

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,918	0,0	4,472
0,2	0,002	20,142	0,816	0,0	3,972
0,3	0,002	20,159	0,918	0,0	4,464
0,4	0,003	20,176	3,161	0,2	15,364
0,5	0,004	20,193	3,875	0,2	18,818
0,6	0,005	20,209	4,181	0,2	20,287
0,7	0,006	20,226	4,487	0,2	21,753
0,8	0,007	20,243	4,894	0,2	23,711
0,9	0,007	20,260	5,302	0,3	25,666
1	0,008	20,277	5,914	0,3	28,603
1,2	0,010	20,310	7,240	0,4	34,956
1,4	0,012	20,344	8,871	0,4	42,762
1,6	0,013	20,379	11,013	0,5	52,995
1,8	0,015	20,413	13,664	0,7	65,643
2	0,017	20,447	20,394	1,0	97,810
2,2	0,018	20,481	26,002	1,3	124,498
2,4	0,020	20,516	29,877	1,5	142,810
2,6	0,021	20,551	32,528	1,6	155,220
2,8	0,023	20,585	34,363	1,7	163,701
3	0,025	20,620	35,995	1,7	171,183
3,2	0,026	20,655	37,320	1,8	177,187
3,4	0,028	20,690	38,544	1,9	182,686
3,6	0,030	20,726	39,462	1,9	186,717
3,8	0,031	20,761	40,583	2,0	191,697
4	0,033	20,797	41,501	2,0	195,697
4,2	0,035	20,832	42,215	2,0	198,723
4,4	0,036	20,868	43,234	2,1	203,175
4,6	0,038	20,904	43,744	2,1	205,218
4,8	0,040	20,940	44,458	2,1	208,208
5	0,041	20,976	44,968	2,1	210,233
5,5	0,045	21,067	45,886	2,2	213,599
6	0,050	21,158	47,007	2,2	217,873
6,5	0,054	21,251	47,619	2,2	219,749
7	0,058	21,344	48,639	2,3	223,475
7,5	0,062	21,438	49,353	2,3	225,760
8	0,066	21,533	49,964	2,3	227,551
8,5	0,070	21,628	50,372	2,3	228,394

Anexo B-12 Curva Esfuerzo Deformación 90% #19



Anexo B-13 Datos 90% Probeta #13

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

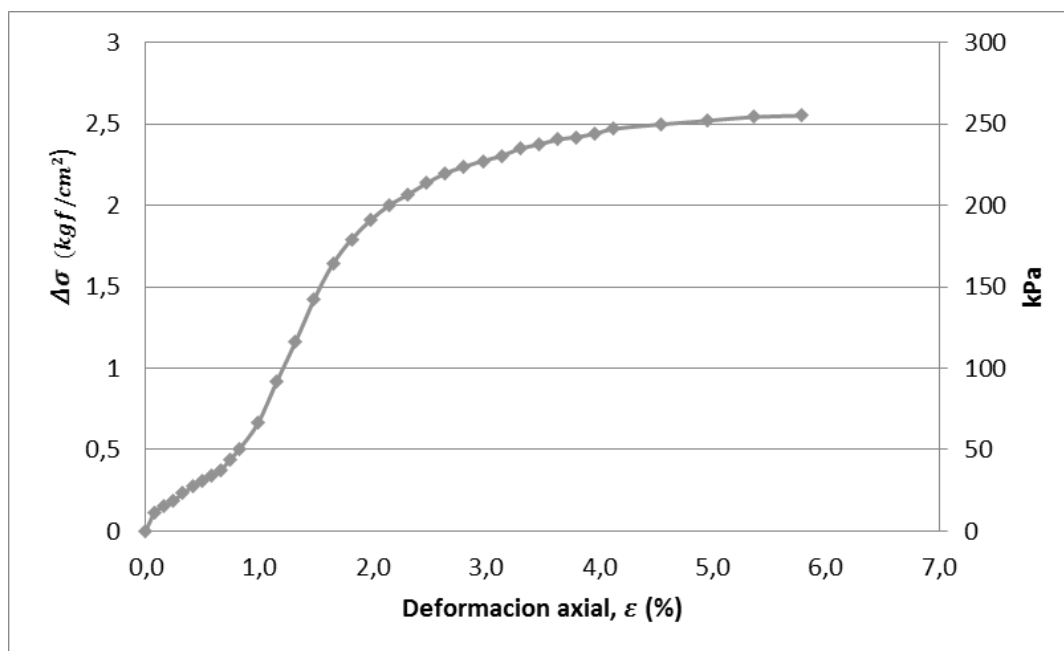
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	13	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	469,19	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	469,48	g
Peso seco de la probeta	431,17	g
Contenido de humedad	8,885	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inicial de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,928	g/cm^3
Porcentaje de compactación	90,828	%

Anexo B-14 Resultados 90% Probeta #13

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0	0
0,1	0,001	20,126	2,345	0,116531	11,428
0,2	0,002	20,142	3,059	0,151871	14,893
0,3	0,002	20,159	3,773	0,187152	18,353
0,4	0,003	20,176	4,691	0,232483	22,799
0,5	0,004	20,193	5,506	0,272689	26,742
0,6	0,005	20,209	6,220	0,307782	30,183
0,7	0,006	20,226	6,934	0,342816	33,619
0,8	0,007	20,243	7,546	0,372754	36,555
0,9	0,007	20,260	8,871	0,437874	42,941
1	0,008	20,277	10,197	0,502884	49,316
1,2	0,010	20,310	13,460	0,6627	64,988
1,4	0,012	20,344	18,660	0,91721	89,947
1,6	0,013	20,379	23,657	1,160857	113,841
1,8	0,015	20,413	29,061	1,423664	139,613
2	0,017	20,447	33,547	1,640701	160,897
2,2	0,018	20,481	36,708	1,792278	175,762
2,4	0,020	20,516	39,156	1,908545	187,163
2,6	0,021	20,551	41,093	1,999601	196,093
2,8	0,023	20,585	42,521	2,065571	202,562
3	0,025	20,620	44,050	2,136251	209,494
3,2	0,026	20,655	45,376	2,196807	215,432
3,4	0,028	20,690	46,293	2,237431	219,416
3,6	0,030	20,726	47,109	2,272985	222,903
3,8	0,031	20,761	47,823	2,303493	225,894
4	0,033	20,797	48,843	2,348594	230,317
4,2	0,035	20,832	49,454	2,373947	232,804
4,4	0,036	20,868	50,168	2,404087	235,759
4,6	0,038	20,904	50,576	2,419475	237,268
4,8	0,040	20,940	51,086	2,439666	239,248
5	0,041	20,976	51,800	2,469495	242,174
5,5	0,045	21,067	52,615	2,497573	244,927
6	0,050	21,158	53,329	2,520496	247,175
6,5	0,054	21,251	54,043	2,543126	249,394
7	0,058	21,344	54,451	2,55113	250,179

Anexo B-15 Curva Esfuerzo Deformación 90% #13



Anexo B-16 Datos 90% Probeta #12

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

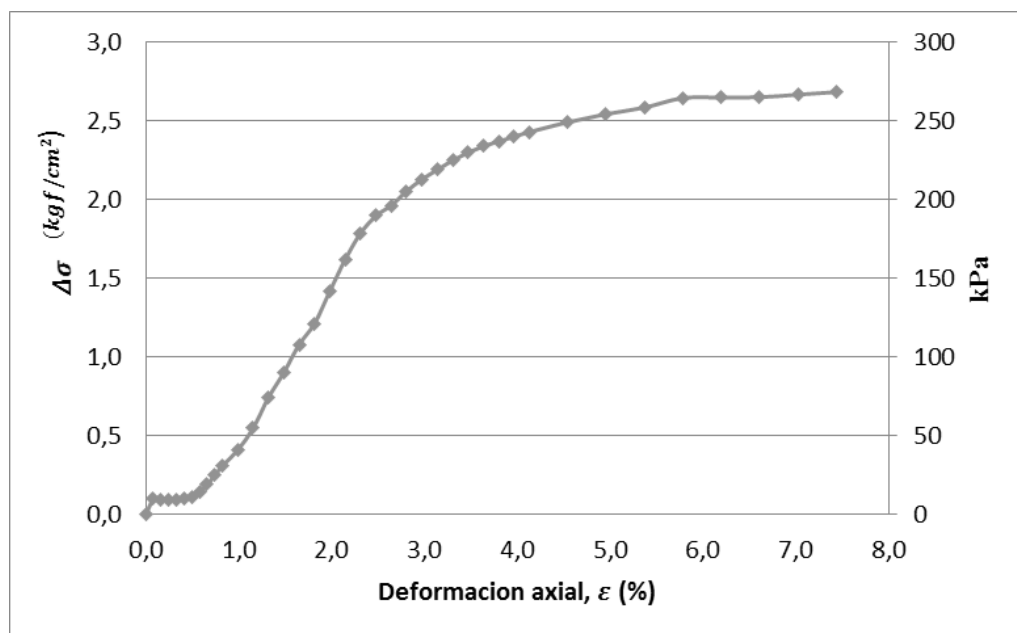
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	12	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	467,33	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	466,64	g
Peso seco de la probeta	429,64	g
Contenido de humedad	8,612	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,921	g/cm^3
Porcentaje de compactación	90,468	%

Anexo B-17 Resultados 90% Probeta #12

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	2,039	0,1	9,937
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	1,937	0,1	9,425
0,4	0,003	20,176	1,937	0,1	9,417
0,5	0,004	20,193	2,039	0,1	9,904
0,6	0,005	20,209	2,345	0,1	11,380
0,7	0,006	20,226	2,957	0,1	14,337
0,8	0,007	20,243	3,875	0,2	18,771
0,9	0,007	20,260	5,098	0,3	24,678
1	0,008	20,277	6,322	0,3	30,576
1,2	0,010	20,310	8,361	0,4	40,372
1,4	0,012	20,344	11,216	0,6	54,067
1,6	0,013	20,379	15,193	0,7	73,113
1,8	0,015	20,413	18,456	0,9	88,667
2	0,017	20,447	22,127	1,1	106,124
2,2	0,018	20,481	24,880	1,2	119,127
2,4	0,020	20,516	29,163	1,4	139,398
2,6	0,021	20,551	33,344	1,6	159,113
2,8	0,023	20,585	36,810	1,8	175,360
3	0,025	20,620	39,156	1,9	186,217
3,2	0,026	20,655	40,583	2,0	192,679
3,4	0,028	20,690	42,521	2,1	201,534
3,6	0,030	20,726	44,152	2,1	208,911
3,8	0,031	20,761	45,478	2,2	214,816
4	0,033	20,797	46,803	2,3	220,701
4,2	0,035	20,832	47,925	2,3	225,603
4,4	0,036	20,868	48,843	2,3	229,530
4,6	0,038	20,904	49,556	2,4	232,485
4,8	0,040	20,940	50,270	2,4	235,428
5	0,041	20,976	50,984	2,4	238,360
5,5	0,045	21,067	52,514	2,5	244,452
6	0,050	21,158	53,839	2,5	249,538
6,5	0,054	21,251	54,961	2,6	253,629
7	0,058	21,344	56,490	2,6	259,549
7,5	0,062	21,438	56,796	2,6	259,810
8	0,066	21,533	57,102	2,7	260,059
8,5	0,070	21,628	57,714	2,7	261,682
9	0,074	21,725	58,326	2,7	263,281

Anexo B-18 Curva Esfuerzo Deformación 90% #12



Anexo B-19 Datos 90% Probeta #11

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

Descripcion del suelo		
Numero de probeta	11	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	469,84	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	469,16	g
Peso seco de la probeta	431,93	g
Contenido de humedad	8,619	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,931	g/cm^3
Porcentaje de compactación	90,954	%

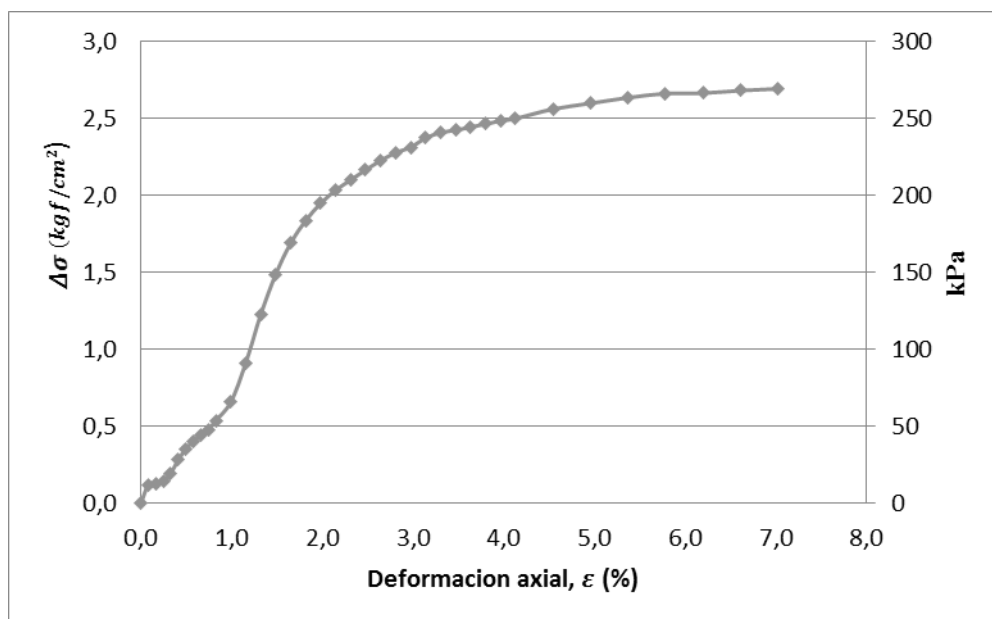
Anexo B-19 Resultados 90% Probeta #11

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)

(Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	2,447	0,1	11,925
0,2	0,002	20,142	2,549	0,1	12,411
0,3	0,002	20,159	2,855	0,1	13,889
0,4	0,003	20,176	3,977	0,2	19,329
0,5	0,004	20,193	5,710	0,3	27,732
0,6	0,005	20,209	7,138	0,4	34,636
0,7	0,006	20,226	8,157	0,4	39,551
0,8	0,007	20,243	8,973	0,4	43,470
0,9	0,007	20,260	9,687	0,5	46,889
1	0,008	20,277	10,911	0,5	52,768
1,2	0,010	20,310	13,358	0,7	64,496
1,4	0,012	20,344	18,558	0,9	89,456
1,6	0,013	20,379	24,982	1,2	120,220
1,8	0,015	20,413	30,386	1,5	145,981
2	0,017	20,447	34,567	1,7	165,787
2,2	0,018	20,481	37,626	1,8	180,156
2,4	0,020	20,516	39,971	1,9	191,063
2,6	0,021	20,551	41,807	2,0	199,499
2,8	0,023	20,585	43,234	2,1	205,963
3	0,025	20,620	44,662	2,2	212,403
3,2	0,026	20,655	45,988	2,2	218,337
3,4	0,028	20,690	47,109	2,3	223,282
3,6	0,030	20,726	47,925	2,3	226,762
3,8	0,031	20,761	49,251	2,4	232,638
4	0,033	20,797	50,066	2,4	236,087
4,2	0,035	20,832	50,474	2,4	237,604
4,4	0,036	20,868	50,984	2,4	239,593
4,6	0,038	20,904	51,494	2,5	241,574
4,8	0,040	20,940	52,004	2,5	243,546
5	0,041	20,976	52,412	2,5	245,034
5,5	0,045	21,067	53,941	2,6	251,098
6	0,050	21,158	54,961	2,6	254,737
6,5	0,054	21,251	55,980	2,6	258,335
7	0,058	21,344	56,796	2,7	260,955
7,5	0,062	21,438	57,102	2,7	261,209
8	0,066	21,533	57,714	2,7	262,845
8,5	0,070	21,628	58,224	2,7	263,994

Anexo B-20 Curva Esfuerzo Deformación 90% #11



Anexo B-21 Datos 90% Probeta #45

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

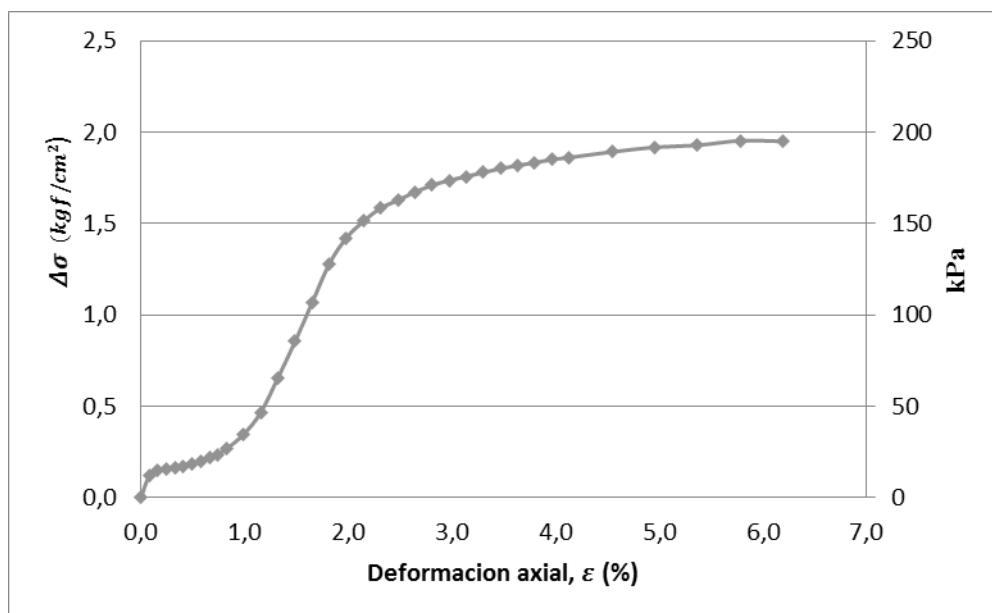
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	45	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	463,57	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	463,19	g
Peso seco de la probeta	425,84	g
Contenido de humedad	8,771	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inicial de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,905	g/cm^3
Porcentaje de compactación	89,740	%

Anexo B-22 Resultados 90% Probeta #45

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	2,447	0,1	11,925
0,2	0,002	20,142	2,957	0,1	14,397
0,3	0,002	20,159	3,161	0,2	15,377
0,4	0,003	20,176	3,263	0,2	15,860
0,5	0,004	20,193	3,467	0,2	16,837
0,6	0,005	20,209	3,671	0,2	17,813
0,7	0,006	20,226	3,977	0,2	19,281
0,8	0,007	20,243	4,385	0,2	21,241
0,9	0,007	20,260	4,792	0,2	23,198
1	0,008	20,277	5,404	0,3	26,137
1,2	0,010	20,310	7,036	0,3	33,971
1,4	0,012	20,344	9,483	0,5	45,711
1,6	0,013	20,379	13,358	0,7	64,281
1,8	0,015	20,413	17,437	0,9	83,768
2	0,017	20,447	21,821	1,1	104,656
2,2	0,018	20,481	26,206	1,3	125,474
2,4	0,020	20,516	29,163	1,4	139,398
2,6	0,021	20,551	31,100	1,5	148,408
2,8	0,023	20,585	32,630	1,6	155,443
3	0,025	20,620	33,547	1,6	159,545
3,2	0,026	20,655	34,567	1,7	164,116
3,4	0,028	20,690	35,383	1,7	167,703
3,6	0,030	20,726	35,995	1,7	170,313
3,8	0,031	20,761	36,505	1,8	172,431
4	0,033	20,797	37,014	1,8	174,541
4,2	0,035	20,832	37,524	1,8	176,643
4,4	0,036	20,868	37,932	1,8	178,257
4,6	0,038	20,904	38,340	1,8	179,865
4,8	0,040	20,940	38,748	1,9	181,466
5	0,041	20,976	39,054	1,9	182,584
5,5	0,045	21,067	39,869	1,9	185,594
6	0,050	21,158	40,583	1,9	188,099
6,5	0,054	21,251	40,991	1,9	189,163
7	0,058	21,344	41,705	2,0	191,617
7,5	0,062	21,438	41,807	2,0	191,243

Anexo B-23 Curva Esfuerzo Deformación 90% #45



Anexo B-24 Datos 90% Probeta #44

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

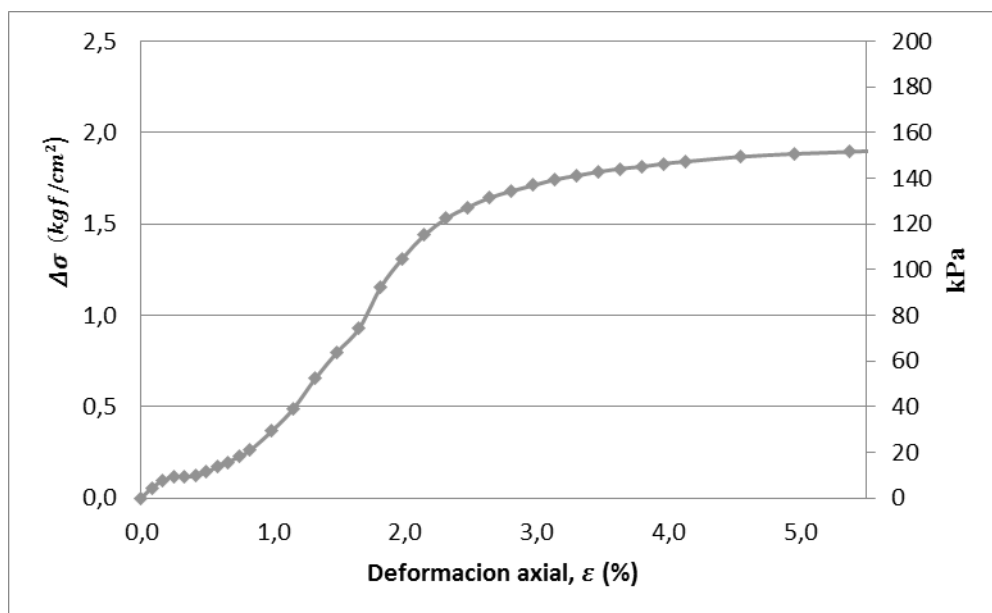
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	44	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	461,04	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	460,11	g
Peso seco de la probeta	423,3	g
Contenido de humedad	8,696	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,895	g/cm^3
Porcentaje de compactación	89,251	%

Anexo B-25 Resultados 90% Probeta #44

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,122	0,1	5,465
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	2,345	0,1	11,409
0,4	0,003	20,176	2,345	0,1	11,399
0,5	0,004	20,193	2,447	0,1	11,885
0,6	0,005	20,209	2,855	0,1	13,854
0,7	0,006	20,226	3,467	0,2	16,809
0,8	0,007	20,243	3,977	0,2	19,265
0,9	0,007	20,260	4,589	0,2	22,211
1	0,008	20,277	5,302	0,3	25,644
1,2	0,010	20,310	7,444	0,4	35,941
1,4	0,012	20,344	9,993	0,5	48,168
1,6	0,013	20,379	13,358	0,7	64,281
1,8	0,015	20,413	16,315	0,8	78,379
2	0,017	20,447	18,966	0,9	90,963
2,2	0,018	20,481	23,657	1,2	113,269
2,4	0,020	20,516	26,920	1,3	128,675
2,6	0,021	20,551	29,571	1,4	141,109
2,8	0,023	20,585	31,508	1,5	150,100
3	0,025	20,620	32,834	1,6	156,150
3,2	0,026	20,655	33,955	1,6	161,211
3,4	0,028	20,690	34,771	1,7	164,804
3,6	0,030	20,726	35,485	1,7	167,901
3,8	0,031	20,761	36,199	1,7	170,986
4	0,033	20,797	36,708	1,8	173,099
4,2	0,035	20,832	37,218	1,8	175,203
4,4	0,036	20,868	37,626	1,8	176,819
4,6	0,038	20,904	37,932	1,8	177,951
4,8	0,040	20,940	38,340	1,8	179,556
5	0,041	20,976	38,646	1,8	180,677
5,5	0,045	21,067	39,360	1,9	183,221
6	0,050	21,158	39,869	1,9	184,790
6,5	0,054	21,251	40,277	1,9	185,869
7	0,058	21,344	40,685	1,9	186,932
7,5	0,062	21,438	40,889	1,9	187,045

Anexo B-26 Curva Esfuerzo Deformación 90% #44



Anexo B-27 Datos 90% Probeta #43

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

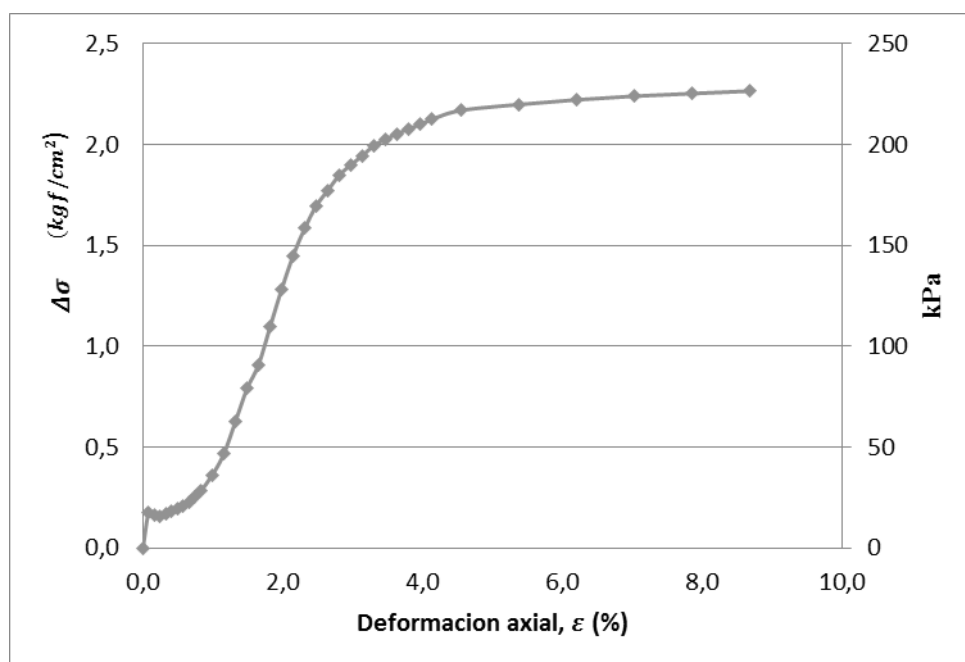
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	43	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	466,34	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	465,52	g
Peso seco de la probeta	428,37	g
Contenido de humedad	8,672	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,899	g/cm^3
Porcentaje de compactación	89,449	%

Anexo B-28 Resultados 90% Probeta #43

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	3,569	0,2	17,390
0,2	0,002	20,142	3,263	0,2	15,886
0,3	0,002	20,159	3,161	0,2	15,377
0,4	0,003	20,176	3,365	0,2	16,356
0,5	0,004	20,193	3,671	0,2	17,828
0,6	0,005	20,209	3,977	0,2	19,297
0,7	0,006	20,226	4,181	0,2	20,270
0,8	0,007	20,243	4,589	0,2	22,229
0,9	0,007	20,260	5,098	0,3	24,678
1	0,008	20,277	5,710	0,3	27,617
1,2	0,010	20,310	7,342	0,4	35,448
1,4	0,012	20,344	9,483	0,5	45,711
1,6	0,013	20,379	12,746	0,6	61,337
1,8	0,015	20,413	16,111	0,8	77,400
2	0,017	20,447	18,558	0,9	89,007
2,2	0,018	20,481	22,433	1,1	107,410
2,4	0,020	20,516	26,308	1,3	125,750
2,6	0,021	20,551	29,775	1,4	142,082
2,8	0,023	20,585	32,630	1,6	155,443
3	0,025	20,620	34,975	1,7	166,334
3,2	0,026	20,655	36,607	1,8	173,798
3,4	0,028	20,690	38,238	1,8	181,236
3,6	0,030	20,726	39,360	1,9	186,235
3,8	0,031	20,761	40,379	1,9	190,734
4	0,033	20,797	41,501	2,0	195,697
4,2	0,035	20,832	42,215	2,0	198,723
4,4	0,036	20,868	42,827	2,1	201,258
4,6	0,038	20,904	43,438	2,1	203,783
4,8	0,040	20,940	43,948	2,1	205,820
5	0,041	20,976	44,560	2,1	208,326
5,5	0,045	21,067	45,682	2,2	212,650
6,5	0,054	21,251	46,701	2,2	215,514
7,5	0,062	21,438	47,619	2,2	217,830
8,5	0,070	21,628	48,435	2,2	219,609
9,5	0,079	21,822	49,149	2,3	220,865
10,5	0,087	22,020	49,862	2,3	222,063

Anexo B-29 Curva Esfuerzo Deformación 90% #43



Anexo B-30 Datos 92% Probeta #18

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

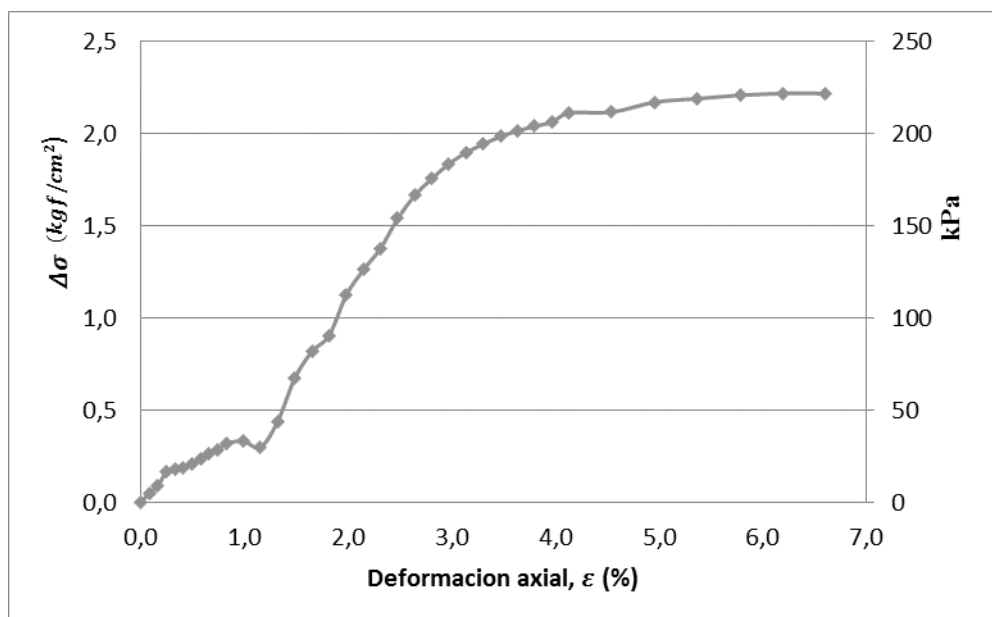
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	18	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	471,96	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	471,33	g
Peso seco de la probeta	433,13	g
Contenido de humedad	8,820	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,940	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,365	%

Anexo B-31 Resultados 92% Probeta #18

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,020	0,1	4,969
0,2	0,002	20,142	1,835	0,1	8,936
0,3	0,002	20,159	3,365	0,2	16,369
0,4	0,003	20,176	3,671	0,2	17,842
0,5	0,004	20,193	3,773	0,2	18,323
0,6	0,005	20,209	4,283	0,2	20,782
0,7	0,006	20,226	4,792	0,2	23,236
0,8	0,007	20,243	5,302	0,3	25,687
0,9	0,007	20,260	5,812	0,3	28,133
1	0,008	20,277	6,526	0,3	31,562
1,2	0,010	20,310	6,730	0,3	32,494
1,4	0,012	20,344	6,118	0,3	29,491
1,6	0,013	20,379	8,973	0,4	43,181
1,8	0,015	20,413	13,766	0,7	66,133
2	0,017	20,447	16,723	0,8	80,204
2,2	0,018	20,481	18,558	0,9	88,857
2,4	0,020	20,516	23,045	1,1	110,153
2,6	0,021	20,551	25,900	1,3	123,592
2,8	0,023	20,585	28,347	1,4	135,042
3	0,025	20,620	31,712	1,5	150,816
3,2	0,026	20,655	34,363	1,7	163,147
3,4	0,028	20,690	36,301	1,8	172,053
3,6	0,030	20,726	38,034	1,8	179,962
3,8	0,031	20,761	39,360	1,9	185,917
4	0,033	20,797	40,379	1,9	190,408
4,2	0,035	20,832	41,297	2,0	194,403
4,4	0,036	20,868	42,011	2,0	197,424
4,6	0,038	20,904	42,623	2,0	199,956
4,8	0,040	20,940	43,132	2,1	202,000
5	0,041	20,976	44,254	2,1	206,896
5,5	0,045	21,067	44,560	2,1	207,428
6	0,050	21,158	45,886	2,2	212,674
6,5	0,054	21,251	46,497	2,2	214,573
7	0,058	21,344	47,109	2,2	216,447
7,5	0,062	21,438	47,517	2,2	217,364
8	0,066	21,533	47,721	2,2	217,335

Anexo B-32 Curva Esfuerzo Deformación 92% #18



Anexo B-33 Datos 92% Probeta #31

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

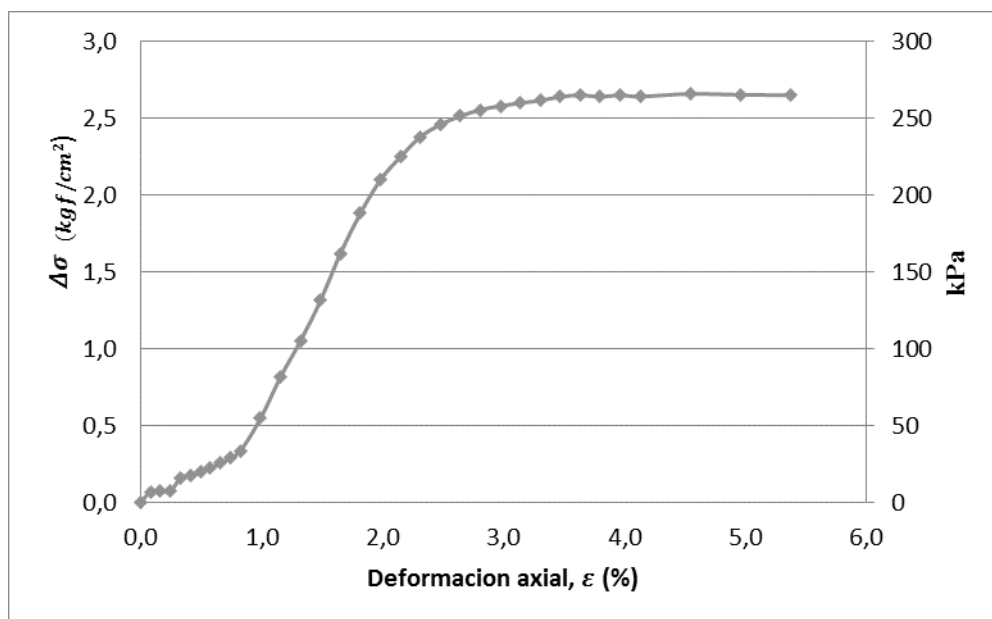
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	31	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	472,1	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	471,64	g
Peso seco de la probeta	434,57	g
Contenido de humedad	8,530	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,940	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,392	%

Anexo B-34 Resultados 92% Probeta #31

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,428	0,1	6,956
0,2	0,002	20,142	1,530	0,1	7,447
0,3	0,002	20,159	1,530	0,1	7,441
0,4	0,003	20,176	3,263	0,2	15,860
0,5	0,004	20,193	3,569	0,2	17,332
0,6	0,005	20,209	3,977	0,2	19,297
0,7	0,006	20,226	4,487	0,2	21,753
0,8	0,007	20,243	5,200	0,3	25,193
0,9	0,007	20,260	5,914	0,3	28,627
1	0,008	20,277	6,832	0,3	33,042
1,2	0,010	20,310	11,115	0,5	53,665
1,4	0,012	20,344	16,621	0,8	80,117
1,6	0,013	20,379	21,413	1,1	103,045
1,8	0,015	20,413	26,818	1,3	128,836
2	0,017	20,447	33,140	1,6	158,941
2,2	0,018	20,481	38,544	1,9	184,550
2,4	0,020	20,516	43,030	2,1	205,685
2,6	0,021	20,551	46,191	2,2	220,422
2,8	0,023	20,585	48,945	2,4	233,165
3	0,025	20,620	50,678	2,5	241,015
3,2	0,026	20,655	51,902	2,5	246,416
3,4	0,028	20,690	52,819	2,6	250,347
3,6	0,030	20,726	53,431	2,6	252,816
3,8	0,031	20,761	53,941	2,6	254,793
4	0,033	20,797	54,349	2,6	256,282
4,2	0,035	20,832	54,961	2,6	258,724
4,4	0,036	20,868	55,267	2,6	259,718
4,6	0,038	20,904	55,165	2,6	258,795
4,8	0,040	20,940	55,471	2,6	259,783
5	0,041	20,976	55,369	2,6	258,859
5,5	0,045	21,067	55,980	2,7	260,591
6	0,050	21,158	56,082	2,7	259,935
6,5	0,054	21,251	56,286	2,6	259,746

Anexo B-35 Curva Esfuerzo Deformación 92% #31



Anexo B-36 Datos 92% Probeta #33

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

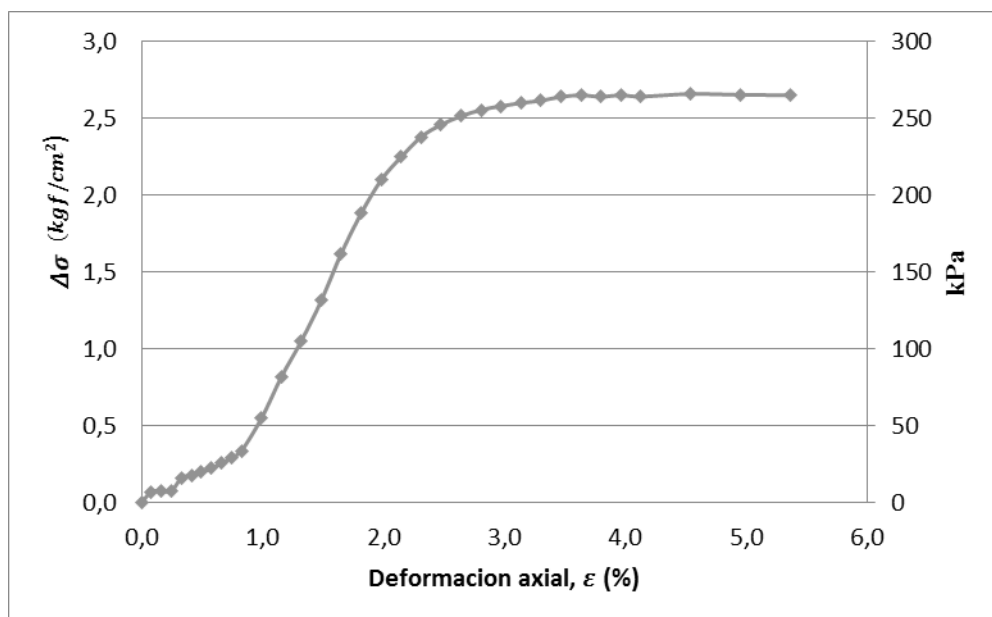
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	31	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	472,1	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	471,64	g
Peso seco de la probeta	434,57	g
Contenido de humedad	8,530	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,940	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,392	%

Anexo B-37 Resultados 92% Probeta #33

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,428	0,1	6,956
0,2	0,002	20,142	1,530	0,1	7,447
0,3	0,002	20,159	1,530	0,1	7,441
0,4	0,003	20,176	3,263	0,2	15,860
0,5	0,004	20,193	3,569	0,2	17,332
0,6	0,005	20,209	3,977	0,2	19,297
0,7	0,006	20,226	4,487	0,2	21,753
0,8	0,007	20,243	5,200	0,3	25,193
0,9	0,007	20,260	5,914	0,3	28,627
1	0,008	20,277	6,832	0,3	33,042
1,2	0,010	20,310	11,115	0,5	53,665
1,4	0,012	20,344	16,621	0,8	80,117
1,6	0,013	20,379	21,413	1,1	103,045
1,8	0,015	20,413	26,818	1,3	128,836
2	0,017	20,447	33,140	1,6	158,941
2,2	0,018	20,481	38,544	1,9	184,550
2,4	0,020	20,516	43,030	2,1	205,685
2,6	0,021	20,551	46,191	2,2	220,422
2,8	0,023	20,585	48,945	2,4	233,165
3	0,025	20,620	50,678	2,5	241,015
3,2	0,026	20,655	51,902	2,5	246,416
3,4	0,028	20,690	52,819	2,6	250,347
3,6	0,030	20,726	53,431	2,6	252,816
3,8	0,031	20,761	53,941	2,6	254,793
4	0,033	20,797	54,349	2,6	256,282
4,2	0,035	20,832	54,961	2,6	258,724
4,4	0,036	20,868	55,267	2,6	259,718
4,6	0,038	20,904	55,165	2,6	258,795
4,8	0,040	20,940	55,471	2,6	259,783
5	0,041	20,976	55,369	2,6	258,859
5,5	0,045	21,067	55,980	2,7	260,591
6	0,050	21,158	56,082	2,7	259,935
6,5	0,054	21,251	56,286	2,6	259,746

Anexo B-38 Curva Esfuerzo Deformación 92% #33



Anexo B-39 Datos 92% Probeta #34

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

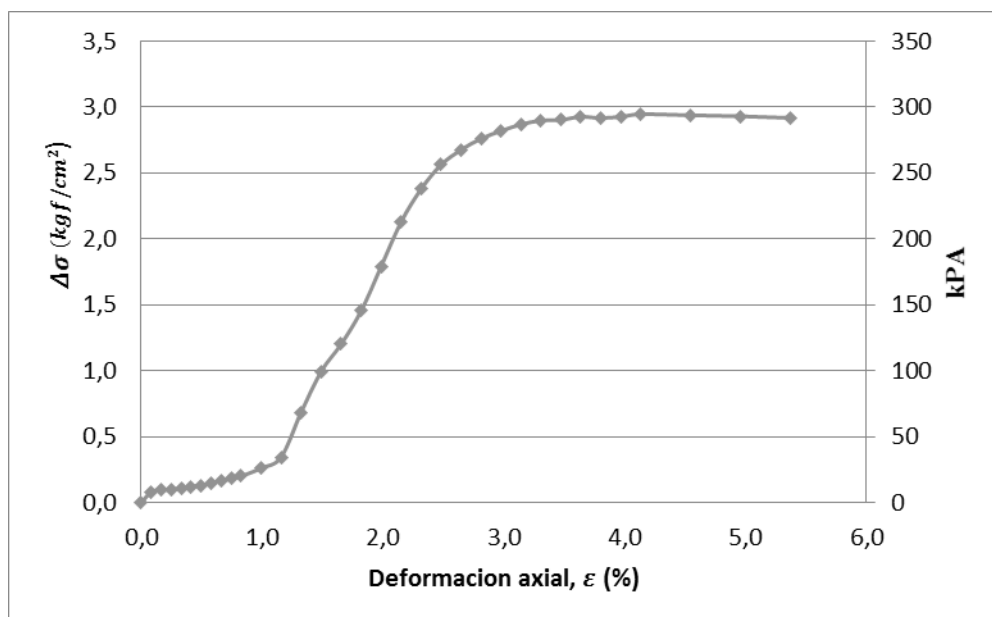
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	34	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	478,52	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	478,17	g
Peso seco de la probeta	440,77	g
Contenido de humedad	8,485	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,967	g/cm^3
Porcentaje de compactación	92,635	%

Anexo B-40 Resultados 92% Probeta #34

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,631	0,1	7,950
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	1,937	0,1	9,425
0,4	0,003	20,176	2,243	0,1	10,904
0,5	0,004	20,193	2,447	0,1	11,885
0,6	0,005	20,209	2,651	0,1	12,865
0,7	0,006	20,226	2,957	0,1	14,337
0,8	0,007	20,243	3,365	0,2	16,301
0,9	0,007	20,260	3,671	0,2	17,768
1	0,008	20,277	4,079	0,2	19,726
1,2	0,010	20,310	5,302	0,3	25,601
1,4	0,012	20,344	7,036	0,3	33,914
1,6	0,013	20,379	13,970	0,7	67,225
1,8	0,015	20,413	20,292	1,0	97,484
2	0,017	20,447	24,574	1,2	117,861
2,2	0,018	20,481	29,775	1,5	142,562
2,4	0,020	20,516	36,708	1,8	175,466
2,6	0,021	20,551	43,744	2,1	208,744
2,8	0,023	20,585	48,945	2,4	233,165
3	0,025	20,620	52,819	2,6	251,198
3,2	0,026	20,655	55,267	2,7	262,391
3,4	0,028	20,690	57,102	2,8	270,645
3,6	0,030	20,726	58,428	2,8	276,457
3,8	0,031	20,761	59,549	2,9	281,284
4	0,033	20,797	60,263	2,9	284,170
4,2	0,035	20,832	60,467	2,9	284,644
4,4	0,036	20,868	61,079	2,9	287,032
4,6	0,038	20,904	60,977	2,9	286,061
4,8	0,040	20,940	61,283	2,9	287,002
5	0,041	20,976	61,793	2,9	288,892
5,5	0,045	21,067	61,895	2,9	288,121
6	0,050	21,158	61,997	2,9	287,347
6,5	0,054	21,251	61,997	2,9	286,097

Anexo B-41 Curva Esfuerzo Deformación 92% #34



Anexo B-42 Datos 92% Probeta #35

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

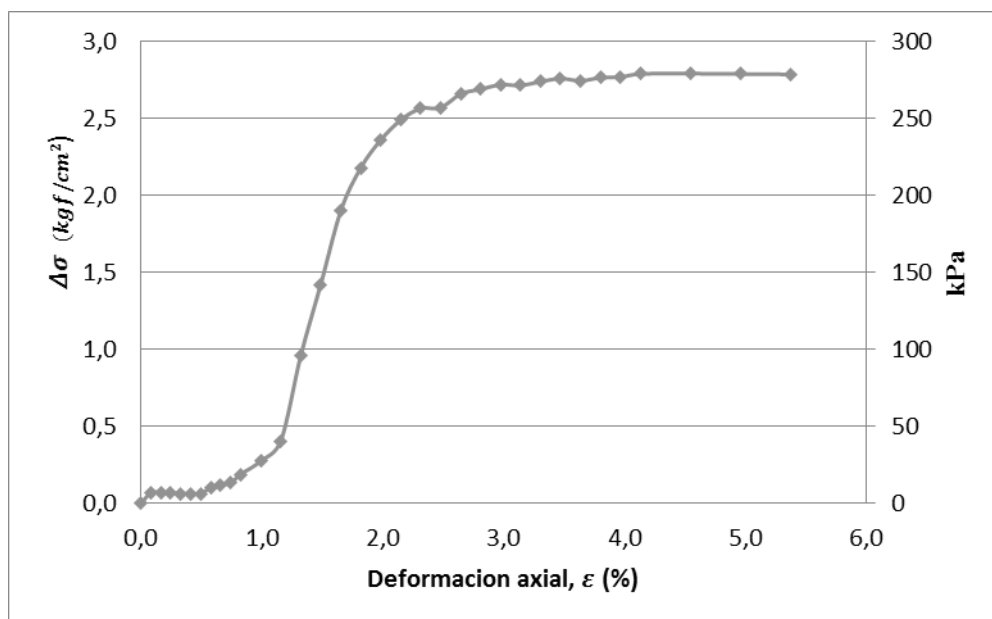
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	35	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	473,48	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	473,13	g
Peso seco de la probeta	436,49	g
Contenido de humedad	8,394	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,946	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,659	%

Anexo B-43 Resultados 92% Probeta #35

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,428	0,1	6,956
0,2	0,002	20,142	1,428	0,1	6,950
0,3	0,002	20,159	1,428	0,1	6,944
0,4	0,003	20,176	1,326	0,1	6,443
0,5	0,004	20,193	1,326	0,1	6,438
0,6	0,005	20,209	1,326	0,1	6,432
0,7	0,006	20,226	2,141	0,1	10,382
0,8	0,007	20,243	2,447	0,1	11,856
0,9	0,007	20,260	2,753	0,1	13,326
1	0,008	20,277	3,875	0,2	18,740
1,2	0,010	20,310	5,608	0,3	27,078
1,4	0,012	20,344	8,259	0,4	39,813
1,6	0,013	20,379	19,578	1,0	94,213
1,8	0,015	20,413	29,061	1,4	139,613
2	0,017	20,447	38,850	1,9	186,327
2,2	0,018	20,481	44,662	2,2	213,843
2,4	0,020	20,516	48,435	2,4	231,517
2,6	0,021	20,551	51,188	2,5	244,265
2,8	0,023	20,585	52,819	2,6	251,624
3	0,025	20,620	53,023	2,6	252,168
3,2	0,026	20,655	54,961	2,7	260,939
3,4	0,028	20,690	55,675	2,7	263,879
3,6	0,030	20,726	56,388	2,7	266,808
3,8	0,031	20,761	56,388	2,7	266,353
4	0,033	20,797	57,000	2,7	268,784
4,2	0,035	20,832	57,510	2,8	270,724
4,4	0,036	20,868	57,306	2,7	269,302
4,6	0,038	20,904	57,816	2,8	271,232
4,8	0,040	20,940	58,020	2,8	271,721
5	0,041	20,976	58,530	2,8	273,637
5,5	0,045	21,067	58,836	2,8	273,882
6	0,050	21,158	59,039	2,8	273,641
6,5	0,054	21,251	59,243	2,8	273,393

Anexo B-44 Curva Esfuerzo Deformación 92% #35



Anexo B-45 Datos 92% Probeta #24

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

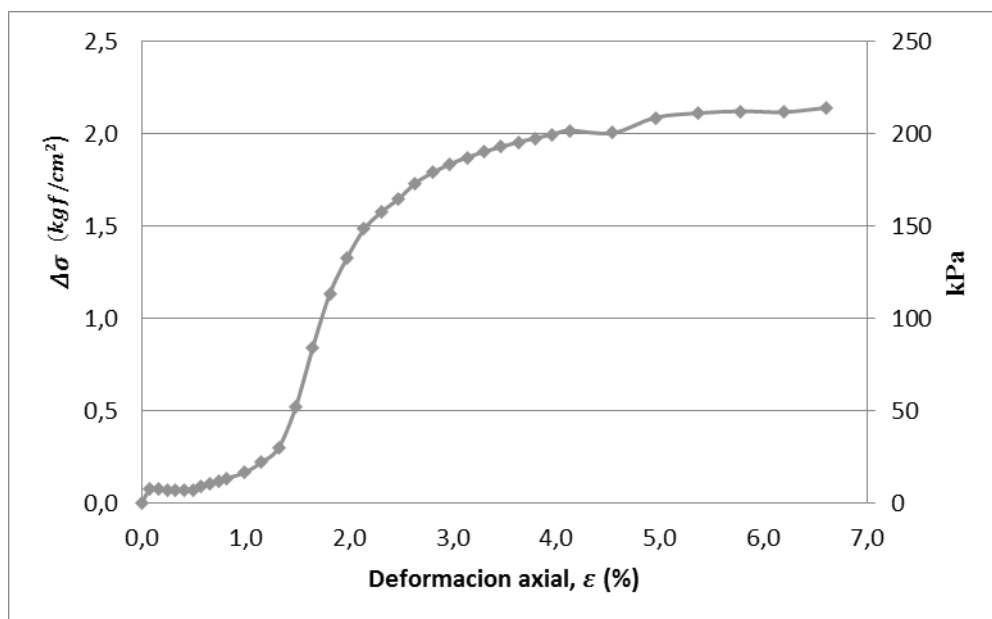
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	24	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	471,74	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	471,19	g
Peso seco de la probeta	432,64	g
Contenido de humedad	8,910	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,939	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,322	%

Anexo B-46 Resultados 92% Probeta #24

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,530	0,1	7,453
0,2	0,002	20,142	1,530	0,1	7,447
0,3	0,002	20,159	1,428	0,1	6,944
0,4	0,003	20,176	1,428	0,1	6,939
0,5	0,004	20,193	1,428	0,1	6,933
0,6	0,005	20,209	1,428	0,1	6,927
0,7	0,006	20,226	1,835	0,1	8,899
0,8	0,007	20,243	2,141	0,1	10,374
0,9	0,007	20,260	2,447	0,1	11,846
1	0,008	20,277	2,753	0,1	13,315
1,2	0,010	20,310	3,365	0,2	16,247
1,4	0,012	20,344	4,487	0,2	21,627
1,6	0,013	20,379	6,118	0,3	29,442
1,8	0,015	20,413	10,605	0,5	50,947
2	0,017	20,447	17,233	0,8	82,649
2,2	0,018	20,481	23,249	1,1	111,316
2,4	0,020	20,516	27,225	1,3	130,137
2,6	0,021	20,551	30,488	1,5	145,488
2,8	0,023	20,585	32,426	1,6	154,472
3	0,025	20,620	33,955	1,6	161,485
3,2	0,026	20,655	35,791	1,7	169,925
3,4	0,028	20,690	37,014	1,8	175,436
3,6	0,030	20,726	38,034	1,8	179,962
3,8	0,031	20,761	38,850	1,9	183,509
4	0,033	20,797	39,564	1,9	186,562
4,2	0,035	20,832	40,175	1,9	189,123
4,4	0,036	20,868	40,787	2,0	191,674
4,6	0,038	20,904	41,297	2,0	193,737
4,8	0,040	20,940	41,807	2,0	195,792
5	0,041	20,976	42,317	2,0	197,839
5,5	0,045	21,067	42,215	2,0	196,511
6	0,050	21,158	44,152	2,1	204,640
6,5	0,054	21,251	44,866	2,1	207,044
7	0,058	21,344	45,274	2,1	208,014
7,5	0,062	21,438	45,376	2,1	207,568
8	0,066	21,533	46,090	2,1	209,905

Anexo B-47 Curva Esfuerzo Deformación 92% #24



Anexo B-48 Datos 92% Probeta #37

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

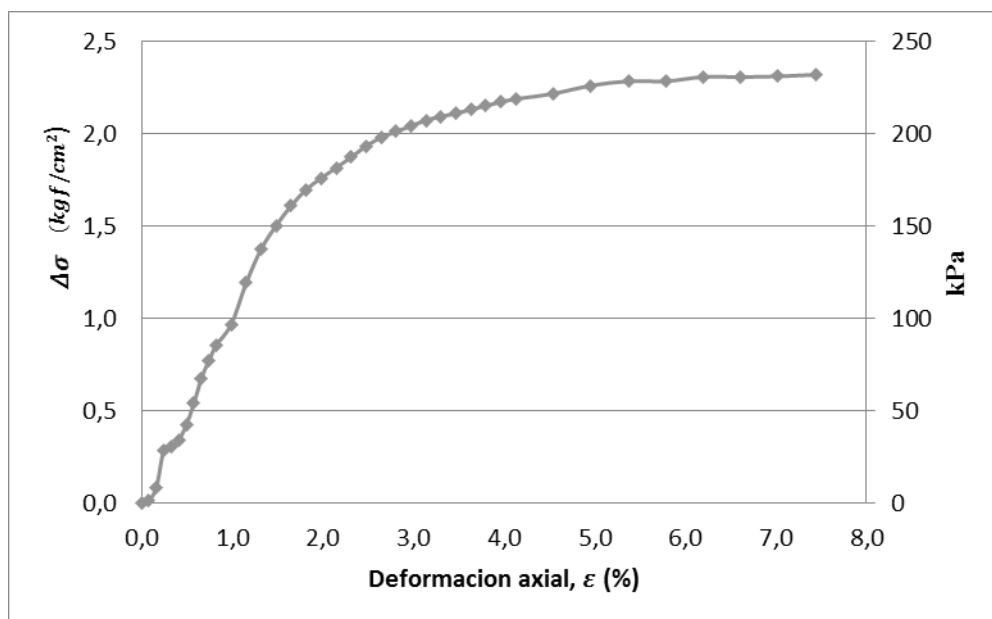
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>37</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>477,2</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>476,54</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>438,97</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,559</u>	%
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>1,961</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>92,379</u>	%

Anexo B-49 Resultados 92% Probeta #37

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,306	0,0	1,491
0,2	0,002	20,142	1,733	0,1	8,440
0,3	0,002	20,159	5,812	0,3	28,274
0,4	0,003	20,176	6,118	0,3	29,737
0,5	0,004	20,193	6,934	0,3	33,674
0,6	0,005	20,209	8,565	0,4	41,563
0,7	0,006	20,226	10,911	0,5	52,900
0,8	0,007	20,243	13,663	0,7	66,190
0,9	0,007	20,260	15,601	0,8	75,516
1	0,008	20,277	17,335	0,9	83,837
1,2	0,010	20,310	19,680	1,0	95,021
1,4	0,012	20,344	24,268	1,2	116,980
1,6	0,013	20,379	28,041	1,4	134,940
1,8	0,015	20,413	30,692	1,5	147,451
2	0,017	20,447	32,936	1,6	157,963
2,2	0,018	20,481	34,771	1,7	166,485
2,4	0,020	20,516	36,097	1,8	172,541
2,6	0,021	20,551	37,320	1,8	178,089
2,8	0,023	20,585	38,544	1,9	183,618
3	0,025	20,620	39,869	1,9	189,611
3,2	0,026	20,655	40,889	2,0	194,131
3,4	0,028	20,690	41,603	2,0	197,184
3,6	0,030	20,726	42,317	2,0	200,226
3,8	0,031	20,761	43,030	2,1	203,257
4	0,033	20,797	43,540	2,1	205,314
4,2	0,035	20,832	43,948	2,1	206,883
4,4	0,036	20,868	44,458	2,1	208,925
4,6	0,038	20,904	44,968	2,2	210,958
4,8	0,040	20,940	45,478	2,2	212,984
5	0,041	20,976	45,886	2,2	214,524
5,5	0,045	21,067	46,701	2,2	217,396
6	0,050	21,158	47,823	2,3	221,654
6,5	0,054	21,251	48,537	2,3	223,984
7	0,058	21,344	48,741	2,3	223,943
7,5	0,062	21,438	49,454	2,3	226,226
8	0,066	21,533	49,658	2,3	226,158
8,5	0,070	21,628	49,964	2,3	226,545
9	0,074	21,725	50,372	2,3	227,379

Anexo B-50 Curva Esfuerzo Deformación 92% #37



Anexo B-51 Datos 92% Probeta #38

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

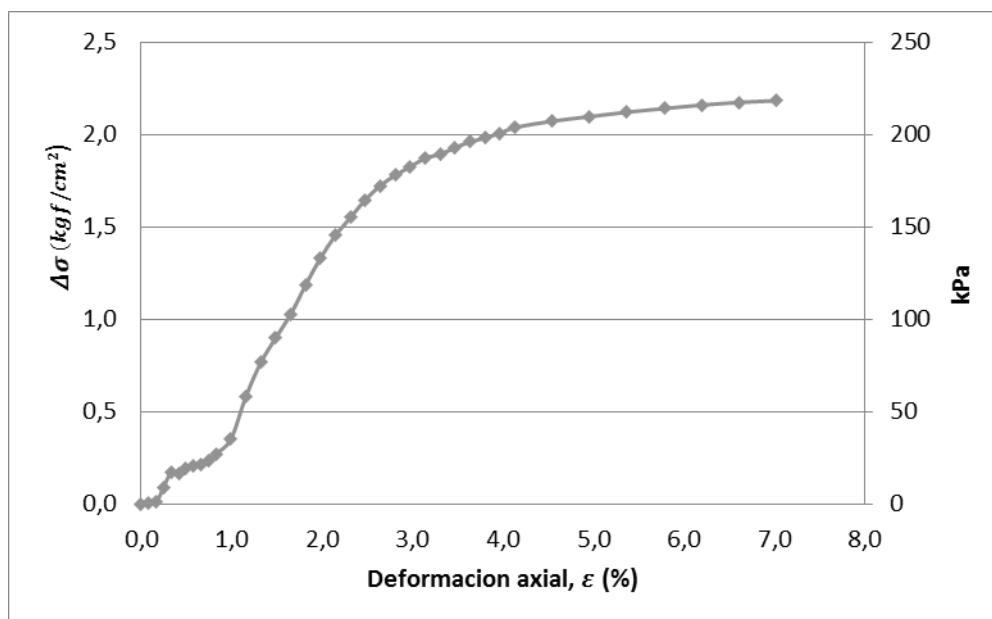
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	38	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	481,25	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	480,68	g
Peso seco de la probeta	442,975	g
Contenido de humedad	8,512	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,978	g/cm^3
Porcentaje de compactación	93,163	%

Anexo B-52 Resultados 92% Probeta #38

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,102	0,0	0,497
0,2	0,002	20,142	0,204	0,0	0,993
0,3	0,002	20,159	1,835	0,1	8,929
0,4	0,003	20,176	3,467	0,2	16,851
0,5	0,004	20,193	3,365	0,2	16,342
0,6	0,005	20,209	3,875	0,2	18,802
0,7	0,006	20,226	4,181	0,2	20,270
0,8	0,007	20,243	4,283	0,2	20,747
0,9	0,007	20,260	4,792	0,2	23,198
1	0,008	20,277	5,506	0,3	26,631
1,2	0,010	20,310	7,138	0,4	34,464
1,4	0,012	20,344	11,828	0,6	57,016
1,6	0,013	20,379	15,601	0,8	75,076
1,8	0,015	20,413	18,354	0,9	88,177
2	0,017	20,447	21,005	1,0	100,744
2,2	0,018	20,481	24,268	1,2	116,198
2,4	0,020	20,516	27,327	1,3	130,624
2,6	0,021	20,551	29,877	1,5	142,569
2,8	0,023	20,585	31,916	1,6	152,043
3	0,025	20,620	33,955	1,6	161,485
3,2	0,026	20,655	35,587	1,7	168,957
3,4	0,028	20,690	36,810	1,8	174,469
3,6	0,030	20,726	37,830	1,8	178,998
3,8	0,031	20,761	38,850	1,9	183,509
4	0,033	20,797	39,360	1,9	185,600
4,2	0,035	20,832	40,175	1,9	189,123
4,4	0,036	20,868	40,889	2,0	192,153
4,6	0,038	20,904	41,399	2,0	194,216
4,8	0,040	20,940	42,011	2,0	196,747
5	0,041	20,976	42,725	2,0	199,745
5,5	0,045	21,067	43,642	2,1	203,157
6	0,050	21,158	44,356	2,1	205,585
6,5	0,054	21,251	45,070	2,1	207,985
7	0,058	21,344	45,682	2,1	209,888
7,5	0,062	21,438	46,293	2,2	211,766
8	0,066	21,533	46,803	2,2	213,155
8,5	0,070	21,628	47,211	2,2	214,061

Anexo B-53 Curva Esfuerzo Deformación 92% #38



Anexo B-54 Datos 92% Probeta #39

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

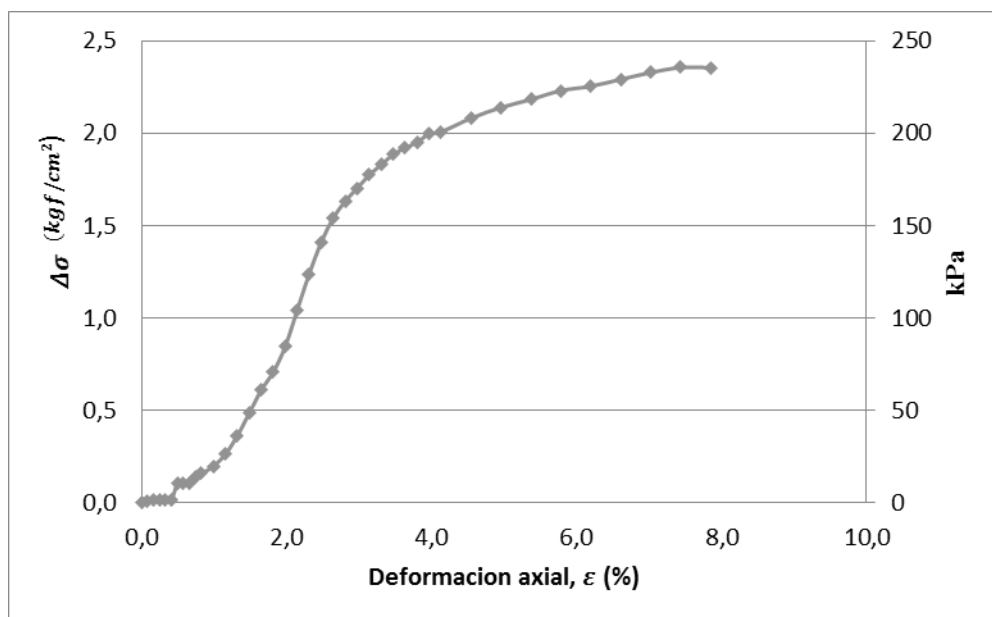
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	39	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	472,47	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	471,92	g
Peso seco de la probeta	434,342	g
Contenido de humedad	8,652	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,942	g/cm^3
Porcentaje de compactación	91,463	%

Anexo B-55 Resultados 92% Probeta #39

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,102	0,0	0,497
0,2	0,002	20,142	0,204	0,0	0,993
0,3	0,002	20,159	0,204	0,0	0,992
0,4	0,003	20,176	0,306	0,0	1,487
0,5	0,004	20,193	0,306	0,0	1,486
0,6	0,005	20,209	2,039	0,1	9,896
0,7	0,006	20,226	2,141	0,1	10,382
0,8	0,007	20,243	2,141	0,1	10,374
0,9	0,007	20,260	2,753	0,1	13,326
1	0,008	20,277	3,161	0,2	15,288
1,2	0,010	20,310	3,977	0,2	19,201
1,4	0,012	20,344	5,302	0,3	25,559
1,6	0,013	20,379	7,342	0,4	35,330
1,8	0,015	20,413	9,891	0,5	47,517
2	0,017	20,447	12,440	0,6	59,664
2,2	0,018	20,481	14,479	0,7	69,328
2,4	0,020	20,516	17,335	0,8	82,859
2,6	0,021	20,551	21,413	1,0	102,182
2,8	0,023	20,585	25,492	1,2	121,440
3	0,025	20,620	29,061	1,4	138,208
3,2	0,026	20,655	31,814	1,5	151,044
3,4	0,028	20,690	33,751	1,6	159,971
3,6	0,030	20,726	35,281	1,7	166,936
3,8	0,031	20,761	36,810	1,8	173,876
4	0,033	20,797	38,034	1,8	179,349
4,2	0,035	20,832	39,258	1,9	184,803
4,4	0,036	20,868	40,073	1,9	188,320
4,6	0,038	20,904	40,787	2,0	191,345
4,8	0,040	20,940	41,807	2,0	195,792
5	0,041	20,976	42,113	2,0	196,885
5,5	0,045	21,067	43,846	2,1	204,106
6	0,050	21,158	45,274	2,1	209,839
6,5	0,054	21,251	46,395	2,2	214,103
7	0,058	21,344	47,619	2,2	218,790
7,5	0,062	21,438	48,333	2,3	221,095
8	0,066	21,533	49,353	2,3	224,765
8,5	0,070	21,628	50,372	2,3	228,394
9	0,074	21,725	51,18793	2,4	231,061
9,5	0,079	21,822	51,39186	2,4	230,946

Anexo B-56 Curva Esfuerzo Deformación 92% #39



Anexo B-57 Datos 92% Probeta #40

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

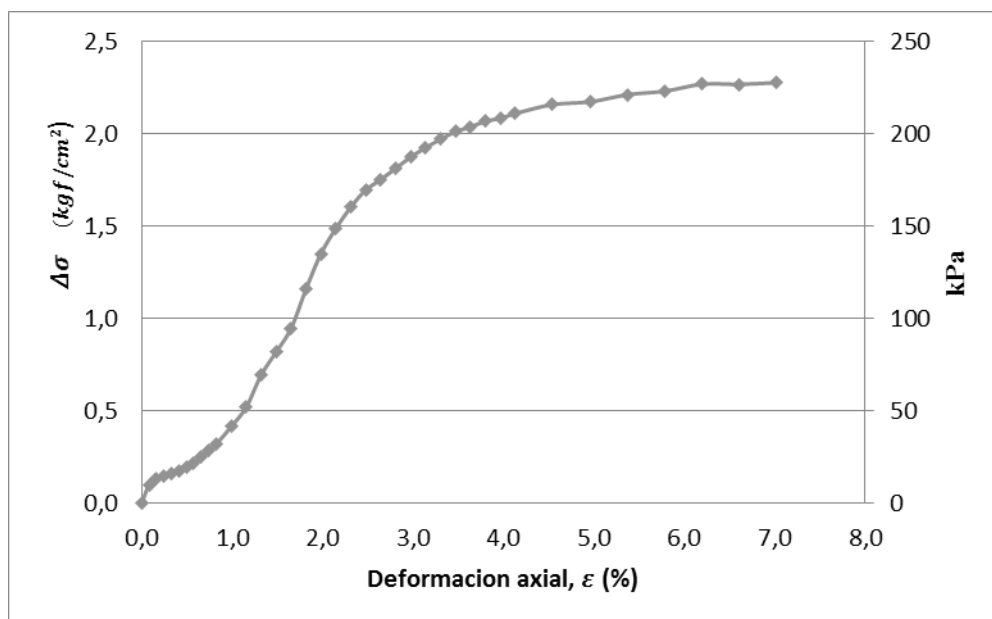
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	40	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	479,69	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	479,12	g
Peso seco de la probeta	441,14	g
Contenido de humedad	8,610	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	1,971	g/cm^3
Porcentaje de compactación	92,861	%

Anexo B-58 Resultados 92% Probeta #40

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	2,039	0,1	9,937
0,2	0,002	20,142	2,651	0,1	12,908
0,3	0,002	20,159	2,957	0,1	14,385
0,4	0,003	20,176	3,263	0,2	15,860
0,5	0,004	20,193	3,569	0,2	17,332
0,6	0,005	20,209	3,977	0,2	19,297
0,7	0,006	20,226	4,385	0,2	21,259
0,8	0,007	20,243	5,098	0,3	24,699
0,9	0,007	20,260	5,812	0,3	28,133
1	0,008	20,277	6,526	0,3	31,562
1,2	0,010	20,310	8,463	0,4	40,864
1,4	0,012	20,344	10,605	0,5	51,117
1,6	0,013	20,379	14,174	0,7	68,206
1,8	0,015	20,413	16,723	0,8	80,339
2	0,017	20,447	19,374	0,9	92,919
2,2	0,018	20,481	23,759	1,2	113,757
2,4	0,020	20,516	27,735	1,4	132,574
2,6	0,021	20,551	30,590	1,5	145,975
2,8	0,023	20,585	33,038	1,6	157,386
3	0,025	20,620	34,975	1,7	166,334
3,2	0,026	20,655	36,199	1,8	171,862
3,4	0,028	20,690	37,524	1,8	177,853
3,6	0,030	20,726	38,850	1,9	183,822
3,8	0,031	20,761	39,971	1,9	188,807
4	0,033	20,797	40,991	2,0	193,293
4,2	0,035	20,832	41,909	2,0	197,283
4,4	0,036	20,868	42,521	2,0	199,820
4,6	0,038	20,904	43,234	2,1	202,826
4,8	0,040	20,940	43,642	2,1	204,388
5	0,041	20,976	44,254	2,1	206,896
5,5	0,045	21,067	45,478	2,2	211,700
6	0,050	21,158	45,988	2,2	213,147
6,5	0,054	21,251	47,007	2,2	216,926
7	0,058	21,344	47,619	2,2	218,790
7,5	0,062	21,438	48,639	2,3	222,494
8	0,066	21,533	48,843	2,3	222,443
8,5	0,070	21,628	49,251	2,3	223,308

Anexo B-59 Curva Esfuerzo Deformación 92% #40



Anexo B-60 Datos 95% Probeta #5

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

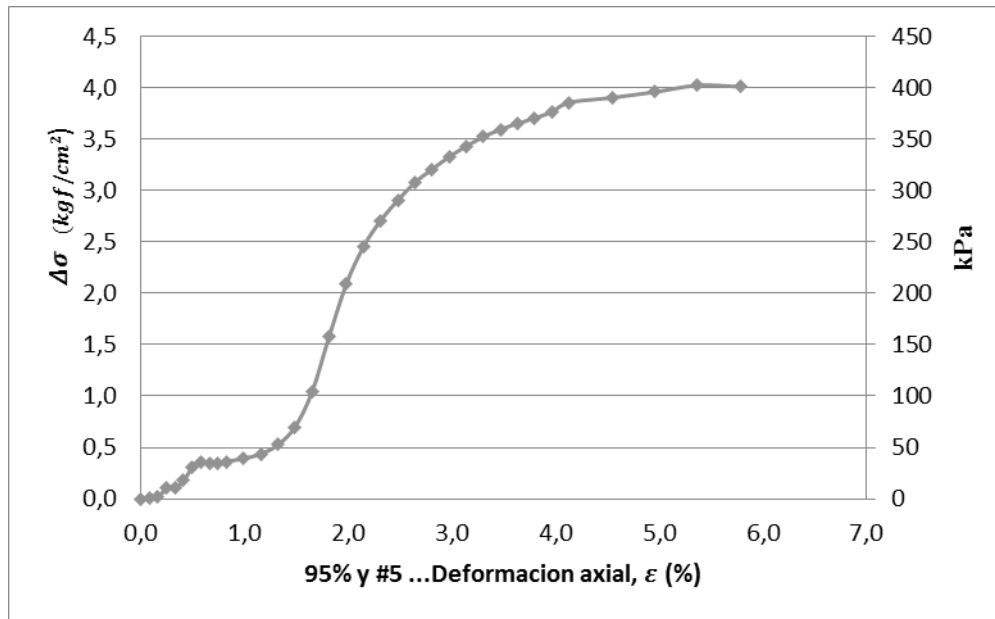
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>5</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>492,08</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>491,17</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>451,28</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,839</u>	$\%$
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>2,022</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>95,260</u>	$\%$

Anexo B-61 Resultados 95% Probeta #5

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,102	0,0	0,497
0,2	0,002	20,142	0,306	0,0	1,489
0,3	0,002	20,159	2,039	0,1	9,921
0,4	0,003	20,176	2,039	0,1	9,912
0,5	0,004	20,193	3,569	0,2	17,332
0,6	0,005	20,209	6,118	0,3	29,688
0,7	0,006	20,226	7,240	0,4	35,102
0,8	0,007	20,243	7,036	0,3	34,085
0,9	0,007	20,260	6,934	0,3	33,563
1	0,008	20,277	7,342	0,4	35,507
1,2	0,010	20,310	7,954	0,4	38,402
1,4	0,012	20,344	8,871	0,4	42,762
1,6	0,013	20,379	10,707	0,5	51,523
1,8	0,015	20,413	14,276	0,7	68,582
2	0,017	20,447	21,311	1,0	102,211
2,2	0,018	20,481	32,426	1,6	155,256
2,4	0,020	20,516	42,929	2,1	205,197
2,6	0,021	20,551	50,474	2,5	240,858
2,8	0,023	20,585	55,776	2,7	265,711
3	0,025	20,620	59,957	2,9	285,144
3,2	0,026	20,655	63,628	3,1	302,089
3,4	0,028	20,690	66,381	3,2	314,625
3,6	0,030	20,726	69,032	3,3	326,634
3,8	0,031	20,761	71,276	3,4	336,674
4	0,033	20,797	73,315	3,5	345,716
4,2	0,035	20,832	74,946	3,6	352,805
4,4	0,036	20,868	76,272	3,7	358,431
4,6	0,038	20,904	77,496	3,7	363,556
4,8	0,040	20,940	78,923	3,8	369,617
5	0,041	20,976	80,963	3,9	378,515
5,5	0,045	21,067	82,288	3,9	383,054
6	0,050	21,158	83,818	4,0	388,485
6,5	0,054	21,251	85,551	4,0	394,796
7	0,058	21,344	85,653	4,0	393,540

Anexo B-62 Curva Esfuerzo Deformación 95% #5



Anexo B-563 Datos 95% Probeta #8

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

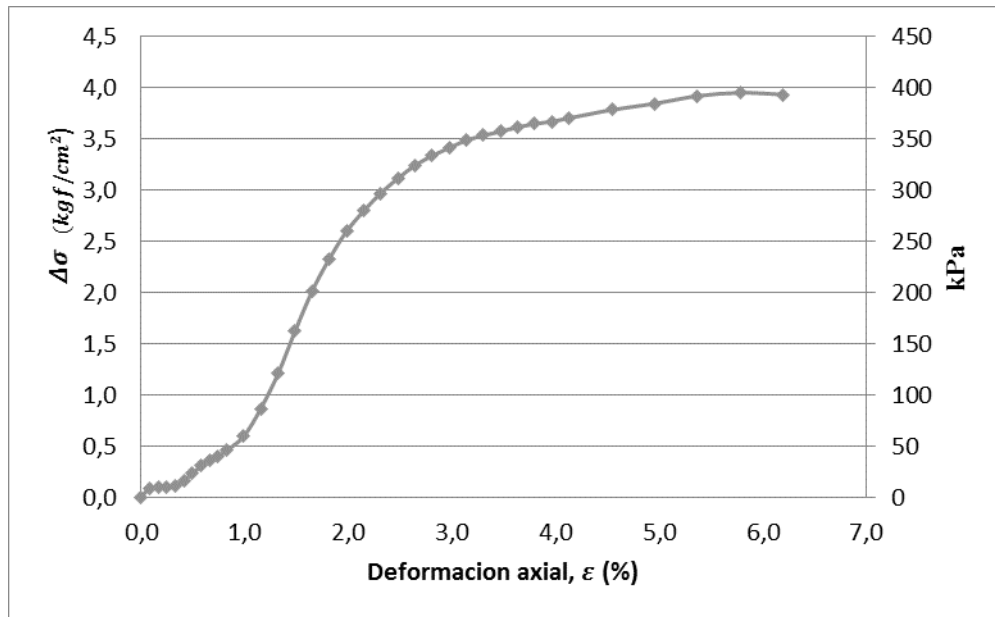
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>8</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>494,01</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>493,46</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>453,32</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,855</u>	$\%$
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>2,030</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>95,633</u>	$\%$

Anexo B-64 Resultados 95% Probeta #8

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,835	0,1	8,943
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	1,937	0,1	9,425
0,4	0,003	20,176	2,243	0,1	10,904
0,5	0,004	20,193	3,365	0,2	16,342
0,6	0,005	20,209	4,691	0,2	22,761
0,7	0,006	20,226	6,220	0,3	30,158
0,8	0,007	20,243	7,444	0,4	36,061
0,9	0,007	20,260	8,157	0,4	39,486
1	0,008	20,277	9,279	0,5	44,877
1,2	0,010	20,310	12,134	0,6	58,588
1,4	0,012	20,344	17,640	0,9	85,032
1,6	0,013	20,379	24,574	1,2	118,257
1,8	0,015	20,413	33,140	1,6	159,208
2	0,017	20,447	41,195	2,0	197,576
2,2	0,018	20,481	47,721	2,3	228,490
2,4	0,020	20,516	53,227	2,6	254,425
2,6	0,021	20,551	57,408	2,8	273,946
2,8	0,023	20,585	61,079	3,0	290,971
3	0,025	20,620	64,138	3,1	305,027
3,2	0,026	20,655	66,891	3,2	317,581
3,4	0,028	20,690	68,930	3,3	326,707
3,6	0,030	20,726	70,664	3,4	334,354
3,8	0,031	20,761	72,295	3,5	341,491
4	0,033	20,797	73,417	3,5	346,197
4,2	0,035	20,832	74,335	3,6	349,925
4,4	0,036	20,868	75,354	3,6	354,118
4,6	0,038	20,904	76,170	3,6	357,337
4,8	0,040	20,940	76,782	3,7	359,589
5	0,041	20,976	77,598	3,7	362,784
5,5	0,045	21,067	79,637	3,8	370,713
6	0,050	21,158	81,268	3,8	376,670
6,5	0,054	21,251	83,206	3,9	383,973
7	0,058	21,344	84,226	3,9	386,981
7,5	0,062	21,438	84,226	3,9	385,284

Anexo B-65 Curva Esfuerzo Deformación 95% #8



Anexo B-66 Datos 95% Probeta #9

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

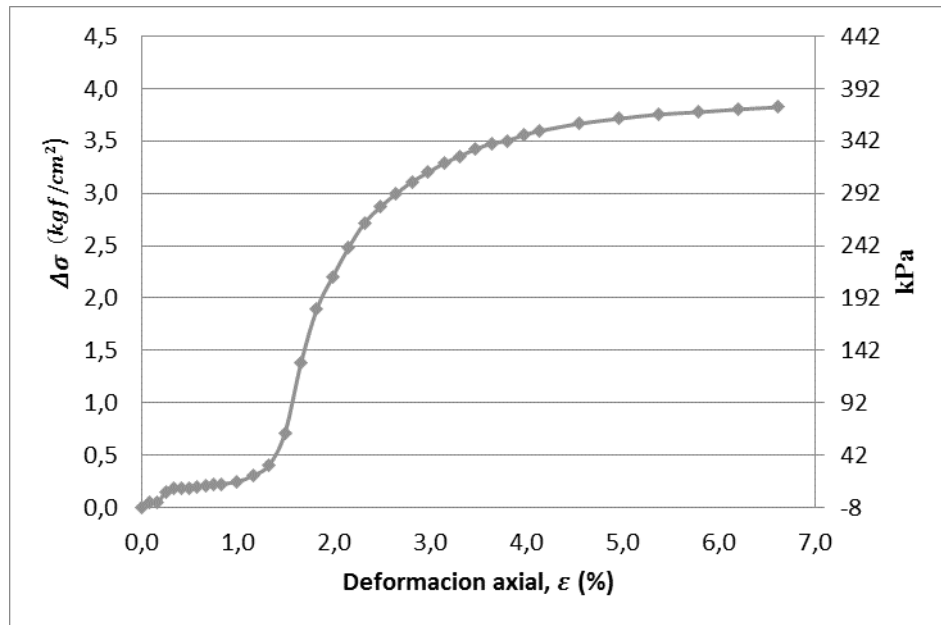
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	9	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	492,52	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	492,05	g
Peso seco de la probeta	452,08	g
Contenido de humedad	8,841	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,024	g/cm^3
Porcentaje de compactación	95,345	%

Anexo B-67 Resultados 95% Probeta #9

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,020	0,1	4,969
0,2	0,002	20,142	1,020	0,1	4,964
0,3	0,002	20,159	3,059	0,2	14,881
0,4	0,003	20,176	3,671	0,2	17,842
0,5	0,004	20,193	3,671	0,2	17,828
0,6	0,005	20,209	3,773	0,2	18,308
0,7	0,006	20,226	3,875	0,2	18,787
0,8	0,007	20,243	4,181	0,2	20,253
0,9	0,007	20,260	4,385	0,2	21,223
1	0,008	20,277	4,589	0,2	22,192
1,2	0,010	20,310	4,996	0,2	24,124
1,4	0,012	20,344	6,220	0,3	29,982
1,6	0,013	20,379	8,259	0,4	39,746
1,8	0,015	20,413	14,581	0,7	70,051
2	0,017	20,447	28,143	1,4	134,977
2,2	0,018	20,481	38,748	1,9	185,526
2,4	0,020	20,516	45,172	2,2	215,920
2,6	0,021	20,551	50,984	2,5	243,291
2,8	0,023	20,585	55,878	2,7	266,197
3	0,025	20,620	59,141	2,9	281,265
3,2	0,026	20,655	61,895	3,0	293,859
3,4	0,028	20,690	64,342	3,1	304,959
3,6	0,030	20,726	66,279	3,2	313,607
3,8	0,031	20,761	68,217	3,3	322,225
4	0,033	20,797	69,746	3,4	328,887
4,2	0,035	20,832	71,276	3,4	335,525
4,4	0,036	20,868	72,499	3,5	340,701
4,6	0,038	20,904	73,213	3,5	343,465
4,8	0,040	20,940	74,437	3,6	348,605
5	0,041	20,976	75,354	3,6	352,296
5,5	0,045	21,067	77,190	3,7	359,321
6	0,050	21,158	78,515	3,7	363,910
6,5	0,054	21,251	79,739	3,8	367,974
7	0,058	21,344	80,555	3,8	370,115
7,5	0,062	21,438	81,472	3,8	372,690
8	0,066	21,533	82,288	3,8	374,763

Anexo B-68 Curva Esfuerzo Deformación 95% #9



Anexo B-69 Datos 95% Probeta #10

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

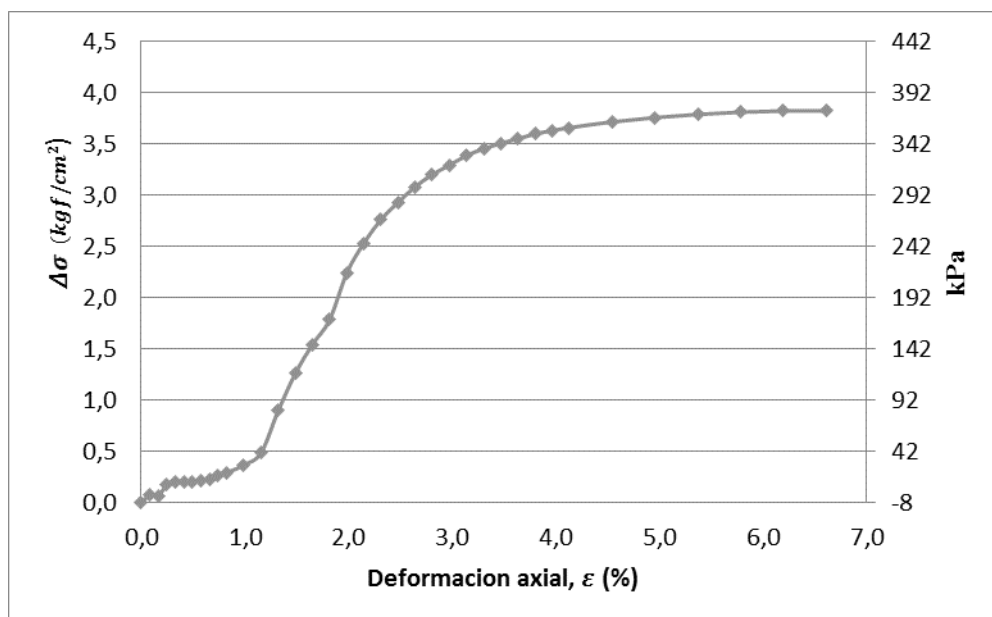
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	10	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	487,31	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	486,71	g
Peso seco de la probeta	447,44	g
Contenido de humedad	8,777	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,003	g/cm^3
Porcentaje de compactación	94,336	%

Anexo B-70 Resultados 95% Probeta #10

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,428	0,1	6,956
0,2	0,002	20,142	1,326	0,1	6,454
0,3	0,002	20,159	3,467	0,2	16,865
0,4	0,003	20,176	3,977	0,2	19,329
0,5	0,004	20,193	4,079	0,2	19,809
0,6	0,005	20,209	4,079	0,2	19,792
0,7	0,006	20,226	4,283	0,2	20,764
0,8	0,007	20,243	4,691	0,2	22,723
0,9	0,007	20,260	5,302	0,3	25,666
1	0,008	20,277	5,914	0,3	28,603
1,2	0,010	20,310	7,444	0,4	35,941
1,4	0,012	20,344	9,891	0,5	47,677
1,6	0,013	20,379	18,252	0,9	87,834
1,8	0,015	20,413	25,696	1,3	123,447
2	0,017	20,447	31,508	1,5	151,116
2,2	0,018	20,481	36,505	1,8	174,785
2,4	0,020	20,516	45,886	2,2	219,332
2,6	0,021	20,551	52,004	2,5	248,157
2,8	0,023	20,585	56,796	2,8	270,569
3	0,025	20,620	60,365	2,9	287,084
3,2	0,026	20,655	63,628	3,1	302,089
3,4	0,028	20,690	66,177	3,2	313,658
3,6	0,030	20,726	68,217	3,3	322,774
3,8	0,031	20,761	70,256	3,4	331,858
4	0,033	20,797	71,785	3,5	338,504
4,2	0,035	20,832	73,009	3,5	343,685
4,4	0,036	20,868	74,029	3,5	347,889
4,6	0,038	20,904	75,150	3,6	352,554
4,8	0,040	20,940	75,966	3,6	355,768
5	0,041	20,976	76,680	3,7	358,493
5,5	0,045	21,067	78,209	3,7	364,068
6	0,050	21,158	79,433	3,8	368,163
6,5	0,054	21,251	80,453	3,8	371,268
7	0,058	21,344	81,268	3,8	373,395
7,5	0,062	21,438	81,880	3,8	374,556
8	0,066	21,533	82,288	3,8	374,763

Anexo B-71 Curva Esfuerzo Deformación 95% #10



Anexo B-72 Datos 95% Probeta #7

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

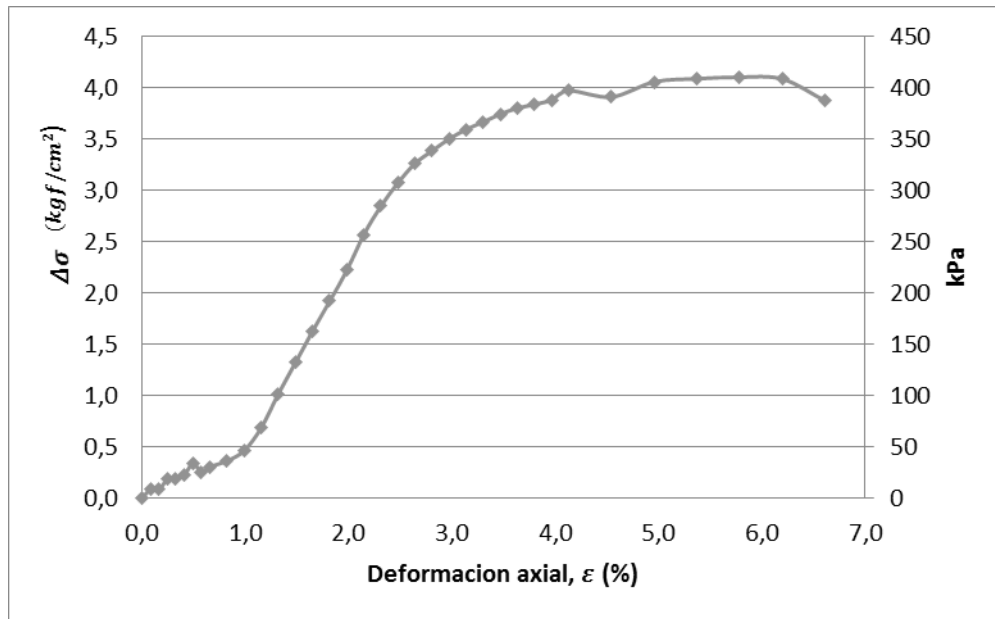
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>7</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>498,81</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>498,33</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>457,99</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,808</u>	$\%$
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>2,050</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>96,562</u>	$\%$

Anexo B-73 Resultados 95% Probeta #7

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,733	0,1	8,447
0,2	0,002	20,142	1,733	0,1	8,440
0,3	0,002	20,159	3,773	0,2	18,353
0,4	0,003	20,176	3,875	0,2	18,834
0,5	0,004	20,193	4,691	0,2	22,780
0,6	0,005	20,209	6,934	0,3	33,647
0,7	0,006	20,226	5,098	0,3	24,720
0,8	0,007	20,243	6,220	0,3	30,133
1	0,008	20,277	7,444	0,4	36,001
1,2	0,010	20,310	9,483	0,5	45,787
1,4	0,012	20,344	14,072	0,7	67,829
1,6	0,013	20,379	20,801	1,0	100,101
1,8	0,015	20,413	27,022	1,3	129,816
2	0,017	20,447	33,344	1,6	159,919
2,2	0,018	20,481	39,360	1,9	188,455
2,4	0,020	20,516	45,580	2,2	217,870
2,6	0,021	20,551	52,819	2,6	252,050
2,8	0,023	20,585	58,632	2,8	279,312
3	0,025	20,620	63,424	3,1	301,632
3,2	0,026	20,655	67,401	3,3	320,001
3,4	0,028	20,690	70,052	3,4	332,024
3,6	0,030	20,726	72,601	3,5	343,521
3,8	0,031	20,761	74,641	3,6	352,569
4	0,033	20,797	76,272	3,7	359,660
4,2	0,035	20,832	78,006	3,7	367,206
4,4	0,036	20,868	79,331	3,8	372,806
4,6	0,038	20,904	80,249	3,8	376,472
4,8	0,040	20,940	81,268	3,9	380,601
5	0,041	20,976	83,308	4,0	389,480
5,5	0,045	21,067	82,390	3,9	383,529
6	0,050	21,158	85,857	4,1	397,938
6,5	0,054	21,251	86,877	4,1	400,913
7	0,058	21,344	87,590	4,1	402,442
7,5	0,062	21,438	87,590	4,1	400,677
8	0,066	21,533	83,410	3,9	379,872

Anexo B-74 Curva Esfuerzo Deformación 95% #7



Anexo B-75 Datos 95% Probeta #14

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

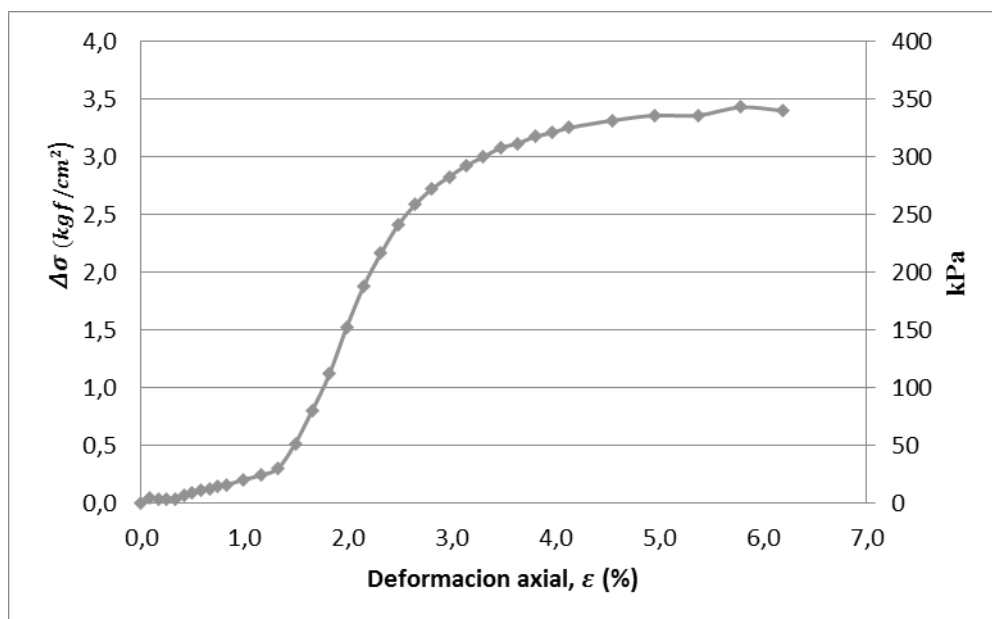
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	14	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	498,74	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	498,24	g
Peso seco de la probeta	458,55	g
Contenido de humedad	8,656	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,050	g/cm^3
Porcentaje de compactación	96,549	%

Anexo B-76 Resultados 95% Probeta #14

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,918	0,0	4,472
0,2	0,002	20,142	0,816	0,0	3,972
0,3	0,002	20,159	0,816	0,0	3,968
0,4	0,003	20,176	0,816	0,0	3,965
0,5	0,004	20,193	1,428	0,1	6,933
0,6	0,005	20,209	1,937	0,1	9,401
0,7	0,006	20,226	2,243	0,1	10,877
0,8	0,007	20,243	2,651	0,1	12,843
0,9	0,007	20,260	2,957	0,1	14,314
1	0,008	20,277	3,263	0,2	15,781
1,2	0,010	20,310	4,181	0,2	20,186
1,4	0,012	20,344	4,996	0,2	24,084
1,6	0,013	20,379	6,220	0,3	29,932
1,8	0,015	20,413	10,605	0,5	50,947
2	0,017	20,447	16,519	0,8	79,226
2,2	0,018	20,481	22,943	1,1	109,851
2,4	0,020	20,516	31,304	1,5	149,633
2,6	0,021	20,551	38,646	1,9	184,415
2,8	0,023	20,585	44,560	2,2	212,277
3	0,025	20,620	49,658	2,4	236,165
3,2	0,026	20,655	53,431	2,6	253,677
3,4	0,028	20,690	56,388	2,7	267,262
3,6	0,030	20,726	58,632	2,8	277,422
3,8	0,031	20,761	60,773	2,9	287,064
4	0,033	20,797	62,404	3,0	294,267
4,2	0,035	20,832	64,138	3,1	301,925
4,4	0,036	20,868	65,056	3,1	305,720
4,6	0,038	20,904	66,381	3,2	311,415
4,8	0,040	20,940	67,197	3,2	314,700
5	0,041	20,976	68,217	3,3	318,925
5,5	0,045	21,067	69,848	3,3	325,145
6	0,050	21,158	71,072	3,4	329,409
6,5	0,054	21,251	71,378	3,4	329,389
7	0,058	21,344	73,213	3,4	336,383
7,5	0,062	21,438	72,907	3,4	333,508

Anexo B-77 Curva Esfuerzo Deformación 95% #14



Anexo B-78 Datos 95% Probeta #15

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

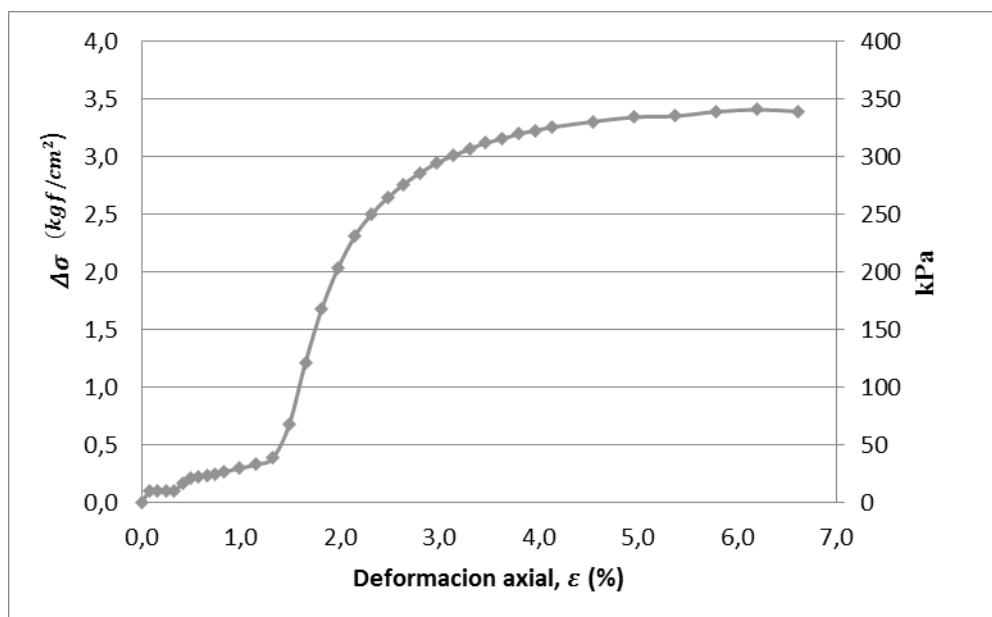
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	15	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	495,05	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	494,47	g
Peso seco de la probeta	455,09	g
Contenido de humedad	8,653	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,035	g/cm^3
Porcentaje de compactación	95,834	%

Anexo B-79 Resultados 95% Probeta #15

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,937	0,1	9,440
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	1,937	0,1	9,425
0,4	0,003	20,176	1,937	0,1	9,417
0,5	0,004	20,193	3,467	0,2	16,837
0,6	0,005	20,209	4,283	0,2	20,782
0,7	0,006	20,226	4,589	0,2	22,248
0,8	0,007	20,243	4,691	0,2	22,723
0,9	0,007	20,260	4,996	0,2	24,185
1	0,008	20,277	5,404	0,3	26,137
1,2	0,010	20,310	6,016	0,3	29,048
1,4	0,012	20,344	6,730	0,3	32,440
1,6	0,013	20,379	7,852	0,4	37,783
1,8	0,015	20,413	13,766	0,7	66,133
2	0,017	20,447	24,880	1,2	119,328
2,2	0,018	20,481	34,465	1,7	165,021
2,4	0,020	20,516	41,807	2,0	199,836
2,6	0,021	20,551	47,415	2,3	226,261
2,8	0,023	20,585	51,392	2,5	244,823
3	0,025	20,620	54,451	2,6	258,957
3,2	0,026	20,655	57,000	2,8	270,621
3,4	0,028	20,690	59,141	2,9	280,311
3,6	0,030	20,726	60,977	2,9	288,519
3,8	0,031	20,761	62,404	3,0	294,771
4	0,033	20,797	63,730	3,1	300,518
4,2	0,035	20,832	64,954	3,1	305,765
4,4	0,036	20,868	65,769	3,2	309,075
4,6	0,038	20,904	66,789	3,2	313,328
4,8	0,040	20,940	67,503	3,2	316,132
5	0,041	20,976	68,217	3,3	318,925
5,5	0,045	21,067	69,542	3,3	323,721
6	0,050	21,158	70,664	3,3	327,519
6,5	0,054	21,251	71,174	3,3	328,447
7	0,058	21,344	72,295	3,4	332,167
7,5	0,062	21,438	73,009	3,4	333,975
8	0,066	21,533	73,009	3,4	332,504

Anexo B-80 Curva Esfuerzo Deformación 95% #15



Anexo B-81 Datos 95% Probeta #16

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

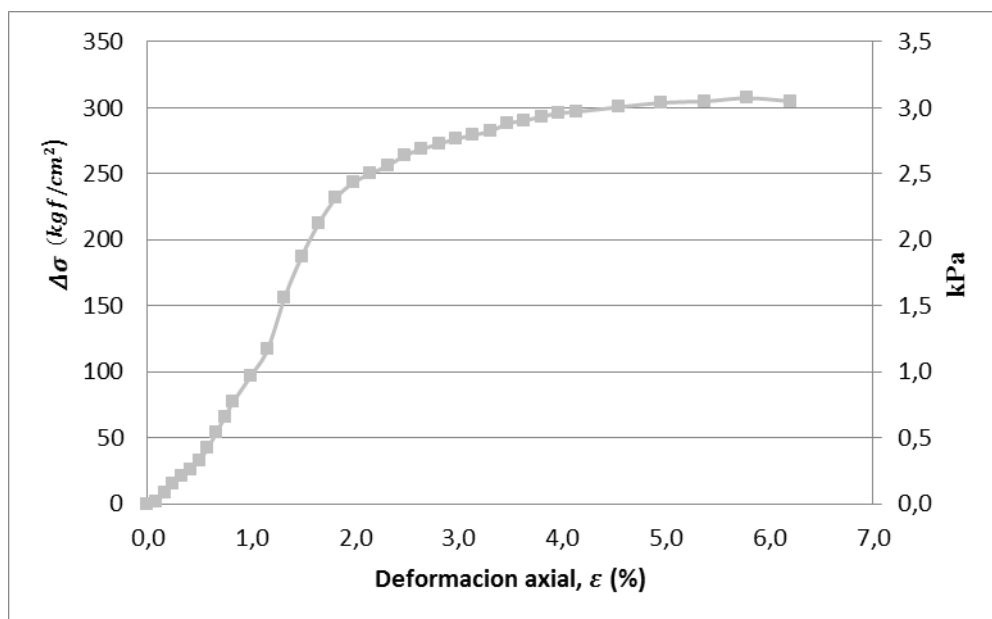
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	16	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	487,79	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	487,12	g
Peso seco de la probeta	448,69	g
Contenido de humedad	8,565	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,005	g/cm^3
Porcentaje de compactación	94,429	%

Anexo B-82 Resultados 95% Probeta #16

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,306	0,0	1,491
0,2	0,002	20,142	1,733	0,1	8,440
0,3	0,002	20,159	3,161	0,2	15,377
0,4	0,003	20,176	4,385	0,2	21,312
0,5	0,004	20,193	5,404	0,3	26,246
0,6	0,005	20,209	6,730	0,3	32,657
0,7	0,006	20,226	8,667	0,4	42,023
0,8	0,007	20,243	11,115	0,5	53,844
0,9	0,007	20,260	13,562	0,7	65,645
1	0,008	20,277	16,009	0,8	77,426
1,2	0,010	20,310	19,986	1,0	96,498
1,4	0,012	20,344	24,268	1,2	116,980
1,6	0,013	20,379	32,528	1,6	156,531
1,8	0,015	20,413	39,054	1,9	187,620
2	0,017	20,447	44,356	2,2	212,736
2,2	0,018	20,481	48,435	2,4	231,908
2,4	0,020	20,516	50,882	2,5	243,215
2,6	0,021	20,551	52,412	2,6	250,104
2,8	0,023	20,585	53,737	2,6	255,996
3	0,025	20,620	55,471	2,7	263,807
3,2	0,026	20,655	56,592	2,7	268,685
3,4	0,028	20,690	57,510	2,8	272,578
3,6	0,030	20,726	58,428	2,8	276,457
3,8	0,031	20,761	59,141	2,8	279,358
4	0,033	20,797	59,855	2,9	282,247
4,2	0,035	20,832	61,181	2,9	288,004
4,4	0,036	20,868	61,793	3,0	290,386
4,6	0,038	20,904	62,506	3,0	293,237
4,8	0,040	20,940	63,220	3,0	296,076
5	0,041	20,976	63,526	3,0	296,996
5,5	0,045	21,067	64,546	3,1	300,463
6	0,050	21,158	65,565	3,1	303,888
6,5	0,054	21,251	66,075	3,1	304,920
7	0,058	21,344	66,891	3,1	307,336
7,5	0,062	21,438	66,687	3,1	305,055

Anexo B-83 Curva Esfuerzo Deformación 95% #16



Anexo B-84 Datos 95% Probeta #17

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

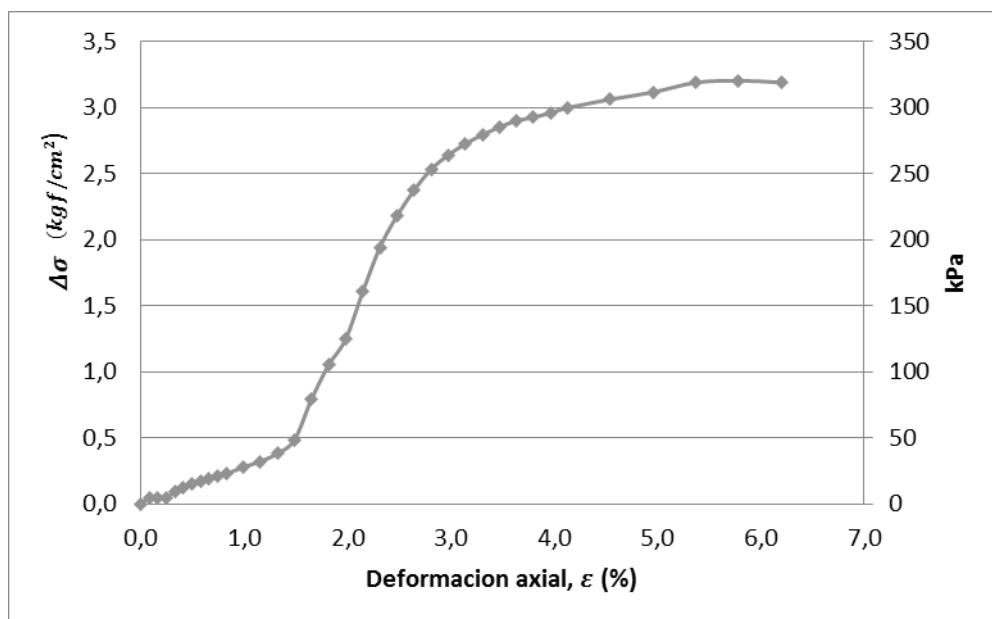
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	17	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	489,91	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	489,3	g
Peso seco de la probeta	450,6	g
Contenido de humedad	8,589	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,013	g/cm^3
Porcentaje de compactación	94,839	%

Anexo B-85 Resultados 95% Probeta #17

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,918	0,0	4,472
0,2	0,002	20,142	0,918	0,0	4,468
0,3	0,002	20,159	0,918	0,0	4,464
0,4	0,003	20,176	1,937	0,1	9,417
0,5	0,004	20,193	2,549	0,1	12,380
0,6	0,005	20,209	3,059	0,2	14,844
0,7	0,006	20,226	3,467	0,2	16,809
0,8	0,007	20,243	3,875	0,2	18,771
0,9	0,007	20,260	4,181	0,2	20,236
1	0,008	20,277	4,589	0,2	22,192
1,2	0,010	20,310	5,608	0,3	27,078
1,4	0,012	20,344	6,526	0,3	31,457
1,6	0,013	20,379	7,750	0,4	37,293
1,8	0,015	20,413	9,891	0,5	47,517
2	0,017	20,447	16,213	0,8	77,759
2,2	0,018	20,481	21,515	1,1	103,016
2,4	0,020	20,516	25,594	1,2	122,339
2,6	0,021	20,551	33,038	1,6	157,653
2,8	0,023	20,585	39,971	1,9	190,418
3	0,025	20,620	44,968	2,2	213,858
3,2	0,026	20,655	49,047	2,4	232,860
3,4	0,028	20,690	52,412	2,5	248,414
3,6	0,030	20,726	54,757	2,6	259,088
3,8	0,031	20,761	56,592	2,7	267,316
4	0,033	20,797	58,122	2,8	274,073
4,2	0,035	20,832	59,447	2,9	279,844
4,4	0,036	20,868	60,569	2,9	284,636
4,6	0,038	20,904	61,181	2,9	287,018
4,8	0,040	20,940	61,997	3,0	290,345
5	0,041	20,976	62,914	3,0	294,136
5,5	0,045	21,067	64,546	3,1	300,463
6	0,050	21,158	65,973	3,1	305,779
6,5	0,054	21,251	67,809	3,2	312,919
7	0,058	21,344	68,421	3,2	314,364
7,5	0,062	21,438	68,421	3,2	312,985

Anexo B-86 Curva Esfuerzo Deformación 95% #17



Anexo B-87 Datos 95% Probeta #46

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

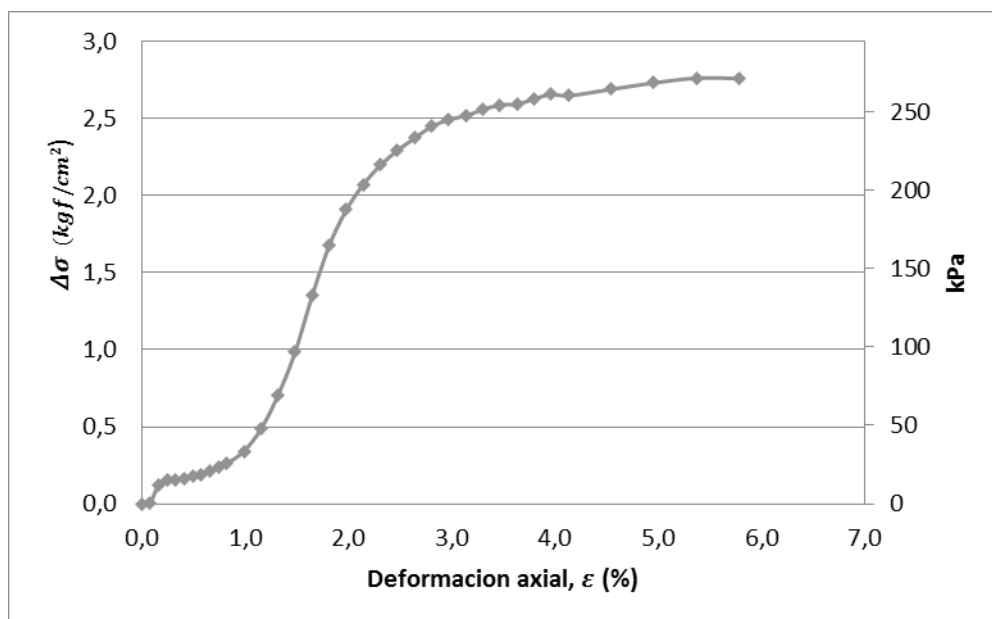
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>46</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>487,53</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>487,65</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>448,29</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,780</u>	$\%$
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>2,006</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>94,489</u>	$\%$

Anexo B-88 Resultados 95% Probeta #46

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,102	0,0	0,497
0,2	0,002	20,142	2,447	0,1	11,915
0,3	0,002	20,159	3,059	0,2	14,881
0,4	0,003	20,176	3,161	0,2	15,364
0,5	0,004	20,193	3,365	0,2	16,342
0,6	0,005	20,209	3,569	0,2	17,318
0,7	0,006	20,226	3,875	0,2	18,787
0,8	0,007	20,243	4,283	0,2	20,747
0,9	0,007	20,260	4,792	0,2	23,198
1	0,008	20,277	5,302	0,3	25,644
1,2	0,010	20,310	6,934	0,3	33,479
1,4	0,012	20,344	9,891	0,5	47,677
1,6	0,013	20,379	14,377	0,7	69,188
1,8	0,015	20,413	20,088	1,0	96,504
2	0,017	20,447	27,633	1,4	132,532
2,2	0,018	20,481	34,363	1,7	164,532
2,4	0,020	20,516	39,156	1,9	187,163
2,6	0,021	20,551	42,623	2,1	203,392
2,8	0,023	20,585	45,274	2,2	215,678
3	0,025	20,620	47,313	2,3	225,012
3,2	0,026	20,655	49,047	2,4	232,860
3,4	0,028	20,690	50,678	2,4	240,198
3,6	0,030	20,726	51,698	2,5	244,614
3,8	0,031	20,761	52,310	2,5	247,087
4	0,033	20,797	53,227	2,6	250,993
4,2	0,035	20,832	53,941	2,6	253,924
4,4	0,036	20,868	54,145	2,6	254,447
4,6	0,038	20,904	54,961	2,6	257,838
4,8	0,040	20,940	55,675	2,7	260,738
5	0,041	20,976	55,573	2,6	259,812
5,5	0,045	21,067	56,694	2,7	263,914
6	0,050	21,158	57,816	2,7	267,970
6,5	0,054	21,251	58,734	2,8	271,040
7	0,058	21,344	58,937	2,8	270,793

Anexo B-89 Curva Esfuerzo Deformación 95% #46



Anexo B-90 Datos 98% Probeta #2

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

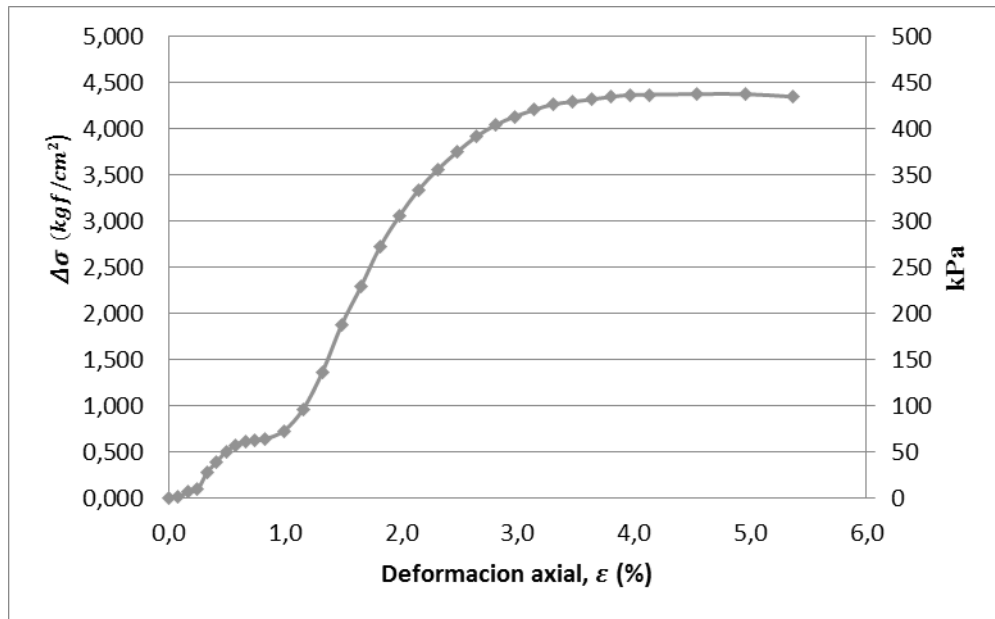
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	2	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	505,68	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	504,9	g
Peso seco de la probeta	464,52	g
Contenido de humedad	8,693	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,078	g/cm^3
Porcentaje de compactación	97,892	%

Anexo B- 91Resultados 98% Probeta #2

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,000	0
0,1	0,001	20,126	0,306	0,015	1,491
0,2	0,002	20,142	1,530	0,076	7,447
0,3	0,002	20,159	1,937	0,096	9,425
0,4	0,003	20,176	5,608	0,278	27,259
0,5	0,004	20,193	7,954	0,394	38,627
0,6	0,005	20,209	10,299	0,510	49,975
0,7	0,006	20,226	11,726	0,580	56,855
0,8	0,007	20,243	12,440	0,615	60,266
0,9	0,007	20,260	12,848	0,634	62,190
1	0,008	20,277	13,052	0,644	63,124
1,2	0,010	20,310	14,887	0,733	71,881
1,4	0,012	20,344	19,680	0,967	94,862
1,6	0,013	20,379	27,837	1,366	133,959
1,8	0,015	20,413	38,340	1,878	184,191
2	0,017	20,447	46,803	2,289	224,473
2,2	0,018	20,481	55,776	2,723	267,060
2,4	0,020	20,516	62,710	3,057	299,754
2,6	0,021	20,551	68,624	3,339	327,470
2,8	0,023	20,585	73,315	3,561	349,262
3	0,025	20,620	77,292	3,748	367,584
3,2	0,026	20,655	80,861	3,915	383,905
3,4	0,028	20,690	83,614	4,041	396,302
3,6	0,030	20,726	85,653	4,133	405,277
3,8	0,031	20,761	87,285	4,204	412,293
4	0,033	20,797	88,712	4,266	418,321
4,2	0,035	20,832	89,426	4,293	420,966
4,4	0,036	20,868	90,140	4,320	423,600
4,6	0,038	20,904	90,853	4,346	426,222
4,8	0,040	20,940	91,465	4,368	428,355
5	0,041	20,976	91,669	4,370	428,571
5,5	0,045	21,067	92,179	4,376	429,097
6	0,050	21,158	92,587	4,376	429,130
6,5	0,054	21,251	92,383	4,347	426,323

Anexo B-92 Curva Esfuerzo Deformación 98% #2



Anexo B-93 Datos 98% Probeta # 3

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

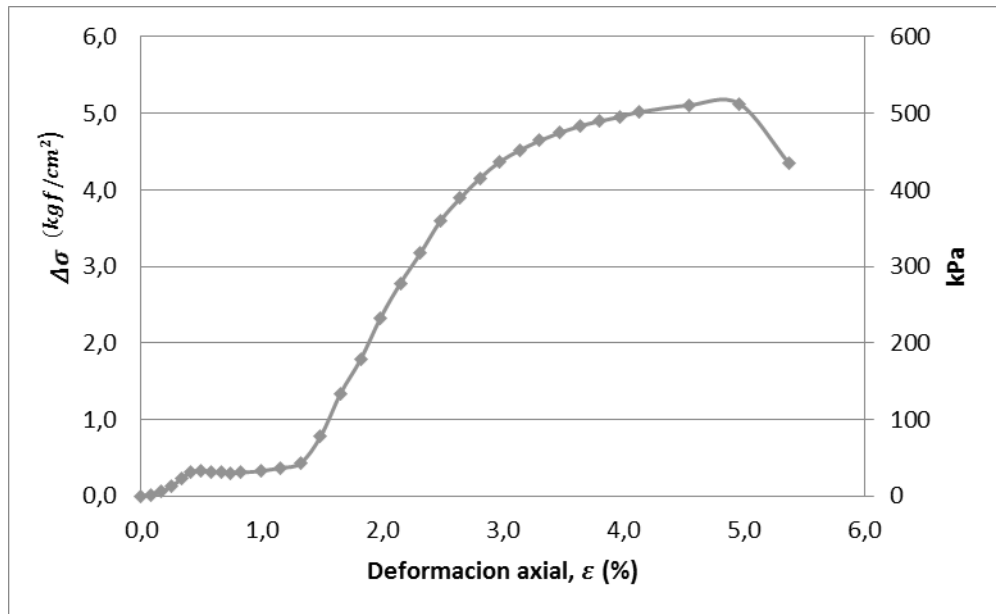
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	3	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	505,33	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	504,94	g
Peso seco de la probeta	465,34	g
Contenido de humedad	8,510	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,077	g/cm^3
Porcentaje de compactación	97,825	%

Anexo B-94 Resultados 98% Probeta # 3

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,306	0,0	1,491
0,2	0,002	20,142	1,122	0,1	5,461
0,3	0,002	20,159	2,447	0,1	11,905
0,4	0,003	20,176	4,487	0,2	21,807
0,5	0,004	20,193	6,220	0,3	30,208
0,6	0,005	20,209	6,628	0,3	32,162
0,7	0,006	20,226	6,424	0,3	31,147
0,8	0,007	20,243	6,220	0,3	30,133
0,9	0,007	20,260	6,118	0,3	29,614
1	0,008	20,277	6,220	0,3	30,083
1,2	0,010	20,310	6,628	0,3	32,002
1,4	0,012	20,344	7,444	0,4	35,881
1,6	0,013	20,379	8,769	0,4	42,200
1,8	0,015	20,413	15,907	0,8	76,420
2	0,017	20,447	27,429	1,3	131,554
2,2	0,018	20,481	36,505	1,8	174,785
2,4	0,020	20,516	47,721	2,3	228,105
2,6	0,021	20,551	57,102	2,8	272,486
2,8	0,023	20,585	65,260	3,2	310,887
3	0,025	20,620	74,029	3,6	352,066
3,2	0,026	20,655	80,351	3,9	381,484
3,4	0,028	20,690	85,959	4,2	407,418
3,6	0,030	20,726	90,548	4,4	428,436
3,8	0,031	20,761	93,811	4,5	443,119
4	0,033	20,797	96,564	4,6	455,345
4,2	0,035	20,832	98,909	4,7	465,607
4,4	0,036	20,868	100,846	4,8	473,914
4,6	0,038	20,904	102,376	4,9	480,277
4,8	0,040	20,940	103,701	5,0	485,660
5	0,041	20,976	105,231	5,0	491,975
5,5	0,045	21,067	107,576	5,1	500,771
6	0,050	21,158	108,494	5,1	502,857
6,5	0,054	21,251	92,383	4,3	426,323

Anexo B-95 Curva Esfuerzo Deformación 98% #3



Anexo B-96 Datos 98% Probeta #4

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

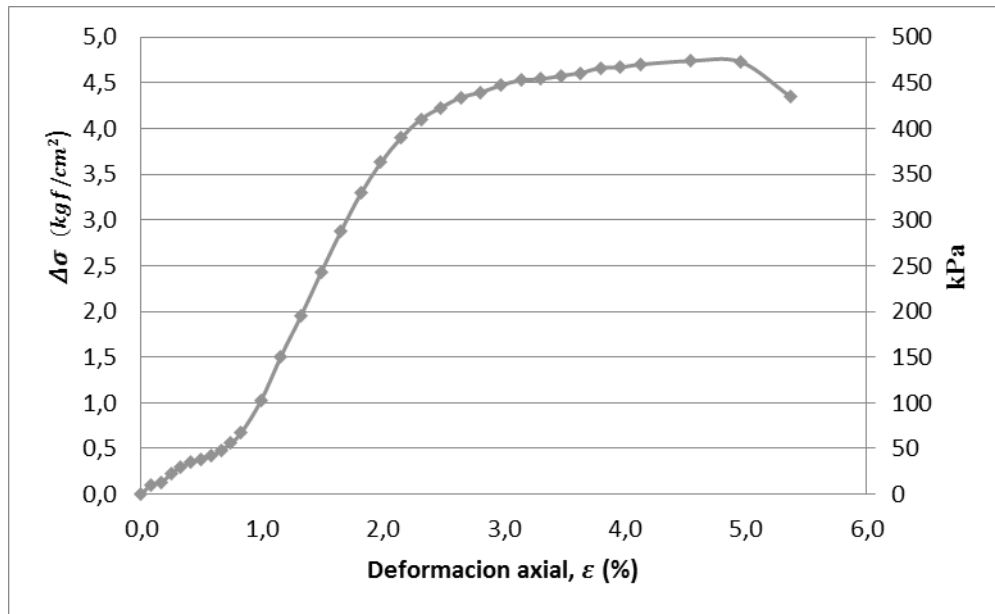
Descripcion del suelo	
Numero de probeta	<u>4</u>
Densidad maxima	<u>2,123</u> g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>507,27</u> g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>506,71</u> g
Peso seco de la probeta	<u>468,01</u> g
Contenido de humedad	<u>8,269</u> %
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u> cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u> cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u> cm^2
G_s	<u>2,7</u>
Presion de confinamiento	<u>100</u> Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u> cm^3
Densidad de probeta	<u>2,085</u> g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>98,200</u> %

Anexo B-97 Resultados 98% Probeta # 4

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	2,039	0,1	9,937
0,2	0,002	20,142	2,549	0,1	12,411
0,3	0,002	20,159	4,487	0,2	21,826
0,4	0,003	20,176	6,016	0,3	29,242
0,5	0,004	20,193	7,138	0,4	34,665
0,6	0,005	20,209	7,750	0,4	37,605
0,7	0,006	20,226	8,463	0,4	41,034
0,8	0,007	20,243	9,687	0,5	46,928
0,9	0,007	20,260	11,318	0,6	54,786
1	0,008	20,277	13,562	0,7	65,590
1,2	0,010	20,310	20,801	1,0	100,437
1,4	0,012	20,344	30,692	1,5	147,946
1,6	0,013	20,379	39,768	2,0	191,370
1,8	0,015	20,413	49,454	2,4	237,587
2	0,017	20,447	58,836	2,9	282,181
2,2	0,018	20,481	67,401	3,3	322,718
2,4	0,020	20,516	74,437	3,6	355,805
2,6	0,021	20,551	80,045	3,9	381,967
2,8	0,023	20,585	84,429	4,1	402,210
3	0,025	20,620	87,183	4,2	414,623
3,2	0,026	20,655	89,630	4,3	425,539
3,4	0,028	20,690	90,955	4,4	431,099
3,6	0,030	20,726	92,689	4,5	438,568
3,8	0,031	20,761	94,014	4,5	444,082
4	0,033	20,797	94,422	4,5	445,248
4,2	0,035	20,832	95,340	4,6	448,807
4,4	0,036	20,868	96,156	4,6	451,872
4,6	0,038	20,904	97,481	4,7	457,315
4,8	0,040	20,940	97,787	4,7	457,962
5	0,041	20,976	98,603	4,7	460,988
5,5	0,045	21,067	99,827	4,7	464,697
6	0,050	21,158	100,031	4,7	463,630
6,5	0,054	21,251	92,383	4,3	426,323

Anexo B-98 Curva Esfuerzo Deformación 98% #4



Anexo B-99 Datos 98% Probeta #20

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

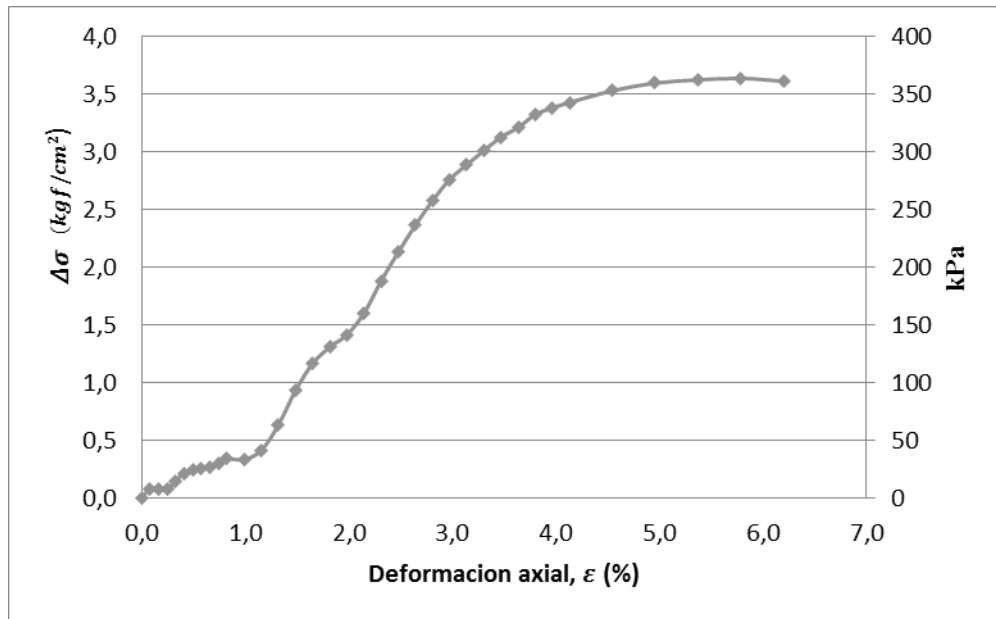
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	20	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	513,32	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	512,92	g
Peso seco de la probeta	471,94	g
Contenido de humedad	8,683	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,110	g/cm^3
Porcentaje de compactación	99,371	%

Anexo B-100 Resultados 98% Probeta # 20

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,631	0,1	7,950
0,2	0,002	20,142	1,530	0,1	7,447
0,3	0,002	20,159	1,530	0,1	7,441
0,4	0,003	20,176	3,059	0,2	14,869
0,5	0,004	20,193	4,385	0,2	21,294
0,6	0,005	20,209	4,894	0,2	23,750
0,7	0,006	20,226	5,098	0,3	24,720
0,8	0,007	20,243	5,506	0,3	26,675
0,9	0,007	20,260	6,220	0,3	30,108
1	0,008	20,277	6,934	0,3	33,535
1,2	0,010	20,310	6,832	0,3	32,987
1,4	0,012	20,344	8,463	0,4	40,796
1,6	0,013	20,379	12,950	0,6	62,318
1,8	0,015	20,413	19,068	0,9	91,606
2	0,017	20,447	23,861	1,2	114,437
2,2	0,018	20,481	26,818	1,3	128,404
2,4	0,020	20,516	29,061	1,4	138,910
2,6	0,021	20,551	32,936	1,6	157,166
2,8	0,023	20,585	38,748	1,9	184,589
3	0,025	20,620	43,948	2,1	209,009
3,2	0,026	20,655	48,843	2,4	231,892
3,4	0,028	20,690	53,329	2,6	252,763
3,6	0,030	20,726	57,204	2,8	270,667
3,8	0,031	20,761	59,957	2,9	283,211
4	0,033	20,797	62,608	3,0	295,229
4,2	0,035	20,832	65,158	3,1	306,725
4,4	0,036	20,868	66,993	3,2	314,825
4,6	0,038	20,904	69,440	3,3	325,765
4,8	0,040	20,940	70,766	3,4	331,414
5	0,041	20,976	71,887	3,4	336,087
5,5	0,045	21,067	74,335	3,5	346,031
6	0,050	21,158	76,068	3,6	352,567
6,5	0,054	21,251	76,986	3,6	355,269
7	0,058	21,344	77,598	3,6	356,529
7,5	0,062	21,438	77,394	3,6	354,032

Anexo B-101 Curva Esfuerzo Deformación 98% #20



Anexo B-102 Datos 98% Probeta # 21

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Datos preliminares)

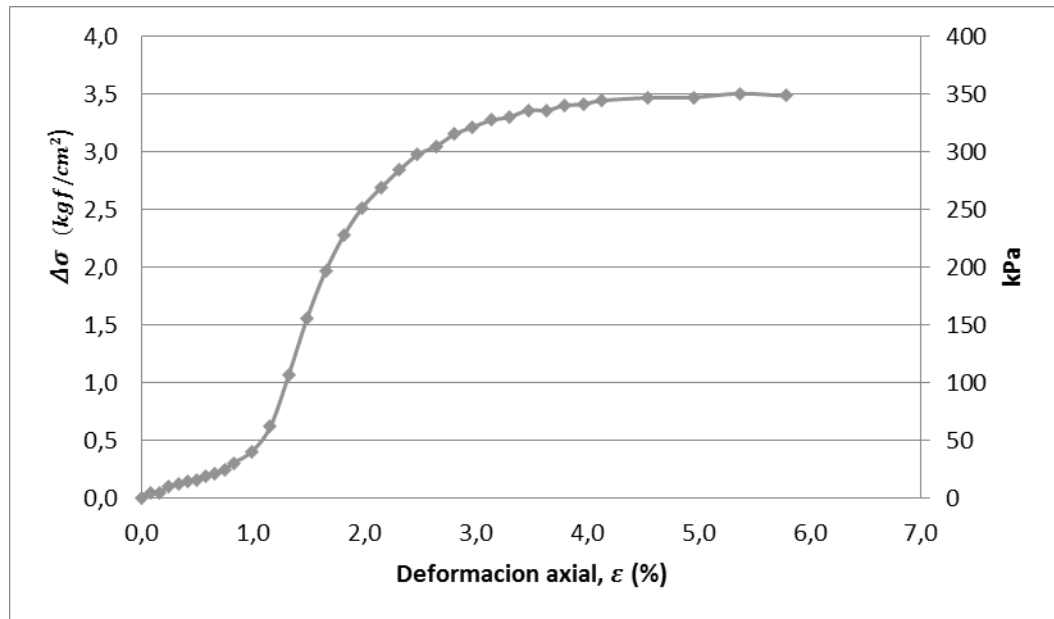
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	21	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	507,07	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	506,78	g
Peso seco de la probeta	466,17	g
Contenido de humedad	8,711	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,084	g/cm^3
Porcentaje de compactación	98,161	%

Anexo B-103 Resultados 98% Probeta # 21

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,020	0,1	4,969
0,2	0,002	20,142	1,020	0,1	4,964
0,3	0,002	20,159	2,141	0,1	10,417
0,4	0,003	20,176	2,447	0,1	11,895
0,5	0,004	20,193	2,855	0,1	13,866
0,6	0,005	20,209	3,263	0,2	15,834
0,7	0,006	20,226	3,773	0,2	18,292
0,8	0,007	20,243	4,385	0,2	21,241
0,9	0,007	20,260	5,098	0,3	24,678
1	0,008	20,277	6,220	0,3	30,083
1,2	0,010	20,310	8,259	0,4	39,879
1,4	0,012	20,344	12,644	0,6	60,948
1,6	0,013	20,379	21,821	1,1	105,008
1,8	0,015	20,413	31,916	1,6	153,329
2	0,017	20,447	40,277	2,0	193,174
2,2	0,018	20,481	46,701	2,3	223,608
2,4	0,020	20,516	51,698	2,5	247,114
2,6	0,021	20,551	55,267	2,7	263,728
2,8	0,023	20,585	58,530	2,8	278,827
3	0,025	20,620	61,385	3,0	291,933
3,2	0,026	20,655	63,016	3,1	299,184
3,4	0,028	20,690	65,260	3,2	309,309
3,6	0,030	20,726	66,687	3,2	315,537
3,8	0,031	20,761	68,013	3,3	321,261
4	0,033	20,797	68,726	3,3	324,079
4,2	0,035	20,832	70,052	3,4	329,765
4,4	0,036	20,868	70,154	3,4	329,680
4,6	0,038	20,904	71,174	3,4	333,898
4,8	0,040	20,940	71,480	3,4	334,757
5	0,041	20,976	72,295	3,4	337,994
5,5	0,045	21,067	73,111	3,5	340,335
6	0,050	21,158	73,519	3,5	340,752
6,5	0,054	21,251	74,539	3,5	343,976
7	0,058	21,344	74,437	3,5	342,005

Anexo B-104 Curva Esfuerzo Deformación 98% #21



Anexo B-105 Datos 98% Probeta # 48

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

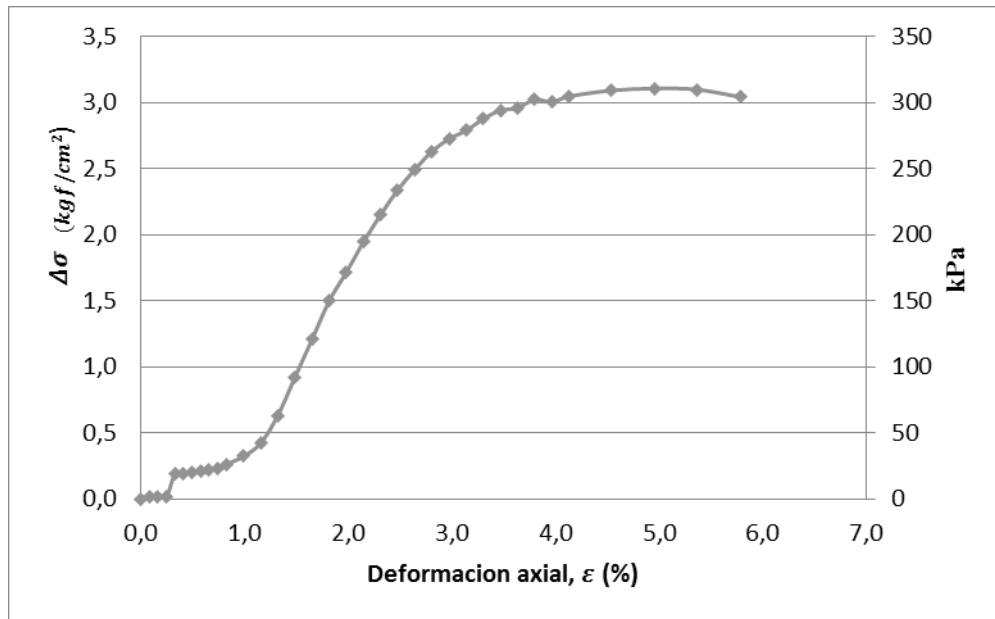
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	48	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	514,66	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	514,26	g
Peso seco de la probeta	472,55	g
Contenido de humedad	8,827	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,077	g/cm^3
Porcentaje de compactación	97,833	%

Anexo B-106 Resultados 98% Probeta # 48

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm ²)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm ²)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,204	0,0	0,994
0,2	0,002	20,142	0,306	0,0	1,489
0,3	0,002	20,159	0,306	0,0	1,488
0,4	0,003	20,176	3,773	0,2	18,338
0,5	0,004	20,193	3,875	0,2	18,818
0,6	0,005	20,209	3,977	0,2	19,297
0,7	0,006	20,226	4,181	0,2	20,270
0,8	0,007	20,243	4,385	0,2	21,241
0,9	0,007	20,260	4,691	0,2	22,704
1	0,008	20,277	5,302	0,3	25,644
1,2	0,010	20,310	6,526	0,3	31,510
1,4	0,012	20,344	8,565	0,4	41,287
1,6	0,013	20,379	12,848	0,6	61,827
1,8	0,015	20,413	18,762	0,9	90,136
2	0,017	20,447	24,676	1,2	118,350
2,2	0,018	20,481	30,692	1,5	146,956
2,4	0,020	20,516	35,179	1,7	168,155
2,6	0,021	20,551	39,971	1,9	190,740
2,8	0,023	20,585	44,254	2,1	210,820
3	0,025	20,620	48,231	2,3	229,376
3,2	0,026	20,655	51,494	2,5	244,479
3,4	0,028	20,690	54,451	2,6	258,080
3,6	0,030	20,726	56,490	2,7	267,290
3,8	0,031	20,761	57,918	2,8	273,578
4	0,033	20,797	59,855	2,9	282,247
4,2	0,035	20,832	61,283	2,9	288,484
4,4	0,036	20,868	61,793	3,0	290,386
4,6	0,038	20,904	63,220	3,0	296,585
4,8	0,040	20,940	62,914	3,0	294,643
5	0,041	20,976	63,934	3,0	298,903
5,5	0,045	21,067	65,158	3,1	303,311
6	0,050	21,158	65,769	3,1	304,833
6,5	0,054	21,251	65,871	3,1	303,979
7	0,058	21,344	64,954	3,0	298,435

Anexo B-107 Curva Esfuerzo Deformación 98% #48



Anexo B-108 Datos 98% Probeta # 28

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)

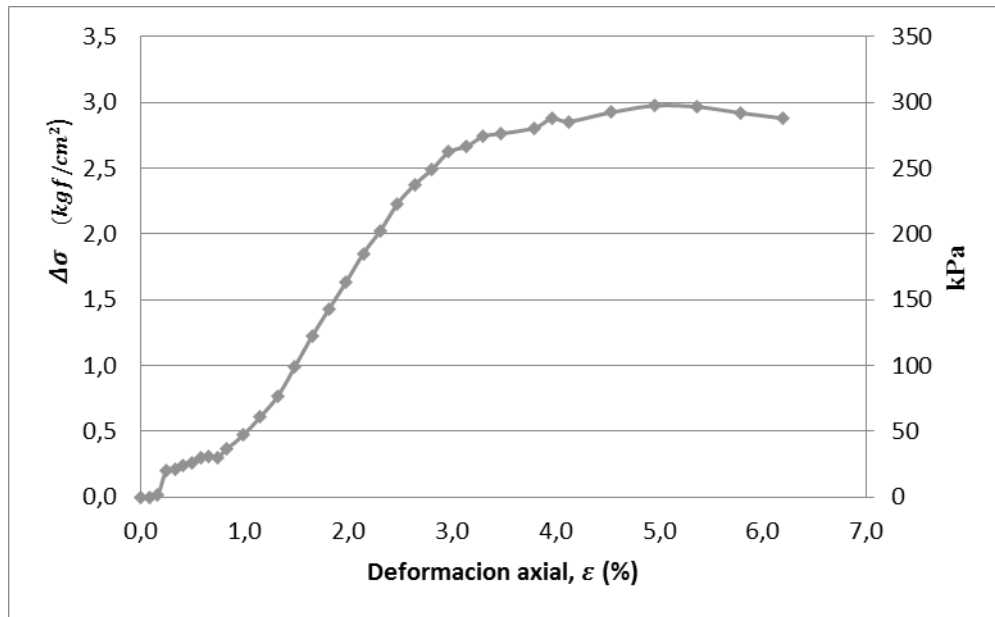
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	28	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	507,27	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	507,24	g
Peso seco de la probeta	466,12	g
Contenido de humedad	8,822	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,085	g/cm^3
Porcentaje de compactación	98,200	%

Anexo B- 109 Resultados 98% Probeta # 28

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm ²)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm ²)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,000	0,0	0,000
0,2	0,002	20,142	0,408	0,0	1,986
0,3	0,002	20,159	4,079	0,2	19,841
0,4	0,003	20,176	4,283	0,2	20,816
0,5	0,004	20,193	4,792	0,2	23,275
0,6	0,005	20,209	5,302	0,3	25,730
0,7	0,006	20,226	6,016	0,3	29,169
0,8	0,007	20,243	6,220	0,3	30,133
0,9	0,007	20,260	6,118	0,3	29,614
1	0,008	20,277	7,342	0,4	35,507
1,2	0,010	20,310	9,585	0,5	46,280
1,4	0,012	20,344	12,440	0,6	59,965
1,6	0,013	20,379	15,601	0,8	75,076
1,8	0,015	20,413	20,190	1,0	96,994
2	0,017	20,447	24,982	1,2	119,817
2,2	0,018	20,481	29,265	1,4	140,121
2,4	0,020	20,516	33,547	1,6	160,356
2,6	0,021	20,551	38,034	1,9	181,495
2,8	0,023	20,585	41,705	2,0	198,676
3	0,025	20,620	45,988	2,2	218,707
3,2	0,026	20,655	49,047	2,4	232,860
3,4	0,028	20,690	51,494	2,5	244,064
3,6	0,030	20,726	54,349	2,6	257,158
3,8	0,031	20,761	55,267	2,7	261,055
4	0,033	20,797	57,000	2,7	268,784
4,2	0,035	20,832	57,510	2,8	270,724
4,6	0,038	20,904	58,632	2,8	275,059
4,8	0,040	20,940	60,263	2,9	282,227
5	0,041	20,976	59,855	2,9	279,834
5,5	0,045	21,067	61,589	2,9	286,698
6	0,050	21,158	62,914	3,0	291,600
6,5	0,054	21,251	63,016	3,0	290,803
7	0,058	21,344	62,302	2,9	286,254
7,5	0,062	21,438	61,69063	2,9	282,199

Anexo B- 110 Curva Esfuerzo Deformación 98% #28



Anexo B-111 Datos 98% Probeta #29

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

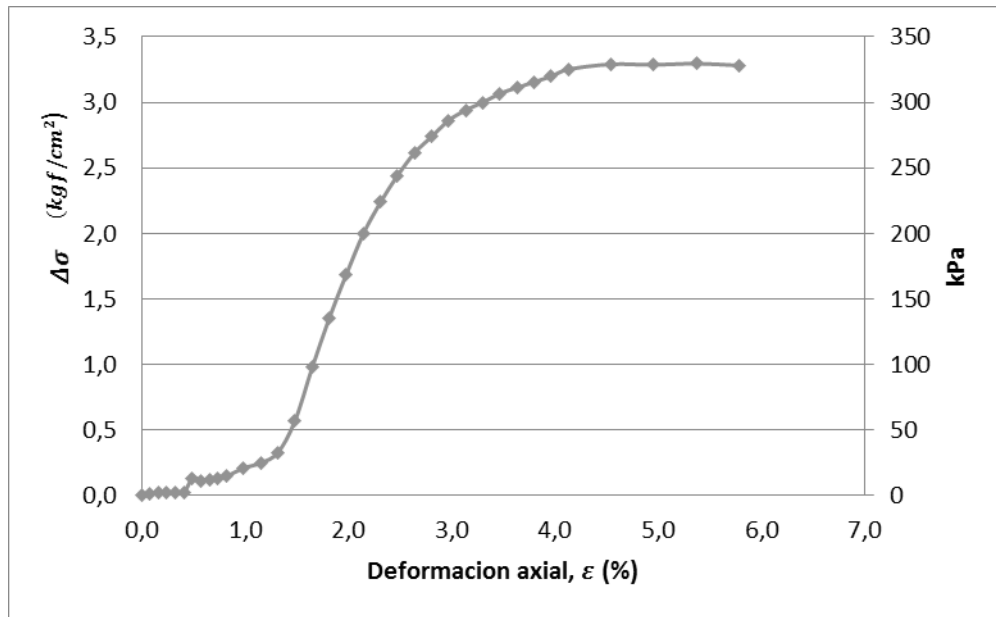
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	29	
Densidad maxima	2,123	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	509,03	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	509,31	g
Peso seco de la probeta	467,88	g
Contenido de humedad	8,855	%
Altura inicial de probeta, L_0	12,100	cm
Diametro inical de probeta, D_0	5,060	cm
Area inicial de probeta, A_0	20,109	cm^2
G_s	2,7	
Presion de confinamiento	100	Kpa
Volumen probeta,	243,320	cm^3
Densidad de probeta	2,092	g/cm^3
Porcentaje de compactación	98,541	%

Anexo B-112 Resultados 98% Probeta #29

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm ²)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm ²)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,204	0,0	0,994
0,2	0,002	20,142	0,408	0,0	1,986
0,3	0,002	20,159	0,408	0,0	1,984
0,4	0,003	20,176	0,408	0,0	1,982
0,5	0,004	20,193	0,510	0,0	2,476
0,6	0,005	20,209	2,753	0,1	13,360
0,7	0,006	20,226	2,345	0,1	11,371
0,8	0,007	20,243	2,549	0,1	12,350
0,9	0,007	20,260	2,753	0,1	13,326
1	0,008	20,277	3,059	0,2	14,795
1,2	0,010	20,310	4,283	0,2	20,678
1,4	0,012	20,344	5,098	0,3	24,576
1,6	0,013	20,379	6,730	0,3	32,386
1,8	0,015	20,413	11,726	0,6	56,335
2	0,017	20,447	19,986	1,0	95,854
2,2	0,018	20,481	27,735	1,4	132,798
2,4	0,020	20,516	34,669	1,7	165,718
2,6	0,021	20,551	41,093	2,0	196,093
2,8	0,023	20,585	46,090	2,2	219,564
3	0,025	20,620	50,372	2,4	239,560
3,2	0,026	20,655	54,043	2,6	256,582
3,4	0,028	20,690	56,694	2,7	268,712
3,6	0,030	20,726	59,345	2,9	280,799
3,8	0,031	20,761	61,079	2,9	288,509
4	0,033	20,797	62,404	3,0	294,267
4,2	0,035	20,832	63,934	3,1	300,965
4,4	0,036	20,868	64,954	3,1	305,241
4,6	0,038	20,904	65,973	3,2	309,501
4,8	0,040	20,940	66,993	3,2	313,745
5	0,041	20,976	68,217	3,3	318,925
5,5	0,045	21,067	69,338	3,3	322,772
6	0,050	21,158	69,542	3,3	322,320
6,5	0,054	21,251	70,052	3,3	323,271
7	0,058	21,344	70,052	3,3	321,860

Anexo B-113 Curva Esfuerzo Deformación 98% #29



Anexo B-114 Datos 98% Probeta #30

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

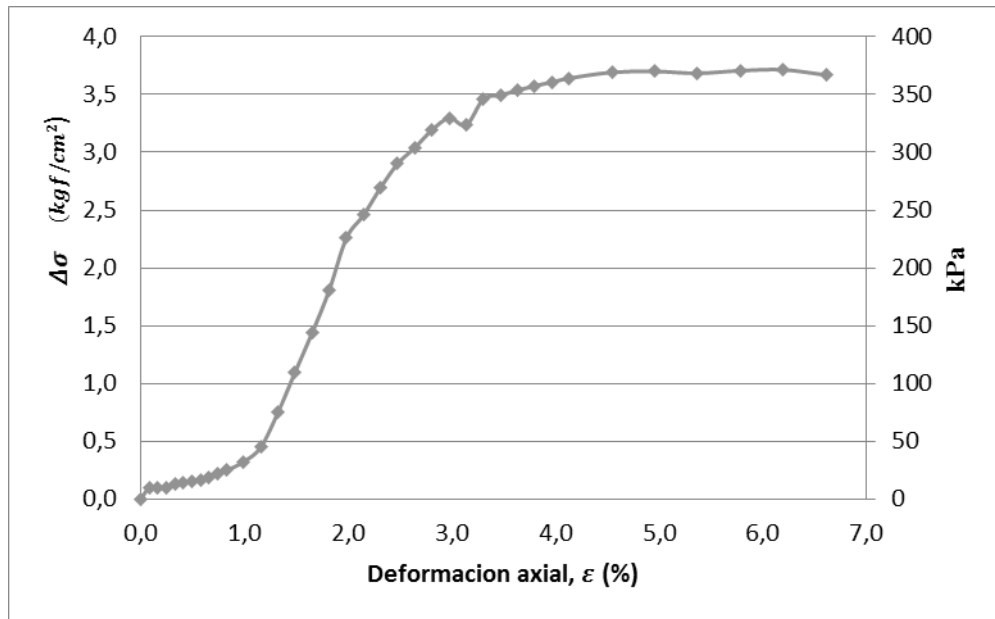
Descripcion del suelo	
Numero de probeta	<u>30</u>
Densidad maxima	<u>2,123</u> g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>509,87</u> g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>509,39</u> g
Peso seco de la probeta	<u>468,6</u> g
Contenido de humedad	<u>8,705</u> %
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u> cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u> cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u> cm^2
G_s	<u>2,7</u>
Presion de confinamiento	<u>100</u> Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u> cm^3
Densidad de probeta	<u>2,095</u> g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>98,703</u> %

Anexo B-115 Resultados 98% Probeta #30

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm^2)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm^2)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	1,937	0,1	9,440
0,2	0,002	20,142	1,937	0,1	9,432
0,3	0,002	20,159	1,937	0,1	9,425
0,4	0,003	20,176	2,549	0,1	12,391
0,5	0,004	20,193	2,855	0,1	13,866
0,6	0,005	20,209	3,059	0,2	14,844
0,7	0,006	20,226	3,365	0,2	16,315
0,8	0,007	20,243	3,773	0,2	18,277
0,9	0,007	20,260	4,487	0,2	21,717
1	0,008	20,277	4,996	0,2	24,165
1,2	0,010	20,310	6,526	0,3	31,510
1,4	0,012	20,344	9,075	0,4	43,745
1,6	0,013	20,379	15,193	0,7	73,113
1,8	0,015	20,413	22,331	1,1	107,282
2	0,017	20,447	29,367	1,4	140,846
2,2	0,018	20,481	37,014	1,8	177,226
2,4	0,020	20,516	46,293	2,3	221,282
2,6	0,021	20,551	50,474	2,5	240,858
2,8	0,023	20,585	55,471	2,7	264,254
3	0,025	20,620	59,855	2,9	284,659
3,2	0,026	20,655	62,812	3,0	298,216
3,4	0,028	20,690	66,075	3,2	313,175
3,6	0,030	20,726	68,319	3,3	323,257
3,8	0,031	20,761	67,197	3,2	317,408
4	0,033	20,797	71,989	3,5	339,465
4,2	0,035	20,832	72,805	3,5	342,725
4,4	0,036	20,868	73,825	3,5	346,930
4,6	0,038	20,904	74,743	3,6	350,640
4,8	0,040	20,940	75,558	3,6	353,858
5	0,041	20,976	76,374	3,6	357,063
5,5	0,045	21,067	77,802	3,7	362,169
6	0,050	21,158	78,311	3,7	362,964
6,5	0,054	21,251	78,311	3,7	361,386
7	0,058	21,344	79,127	3,7	363,556
7,5	0,062	21,438	79,637	3,7	364,294
8	0,066	21,533	79,02519	3,7	359,903

Anexo B-116 Curva Esfuerzo Deformación 98% #30



Anexo B-117 Datos 98% Probeta #42

**Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU)
(Datos preliminares)**

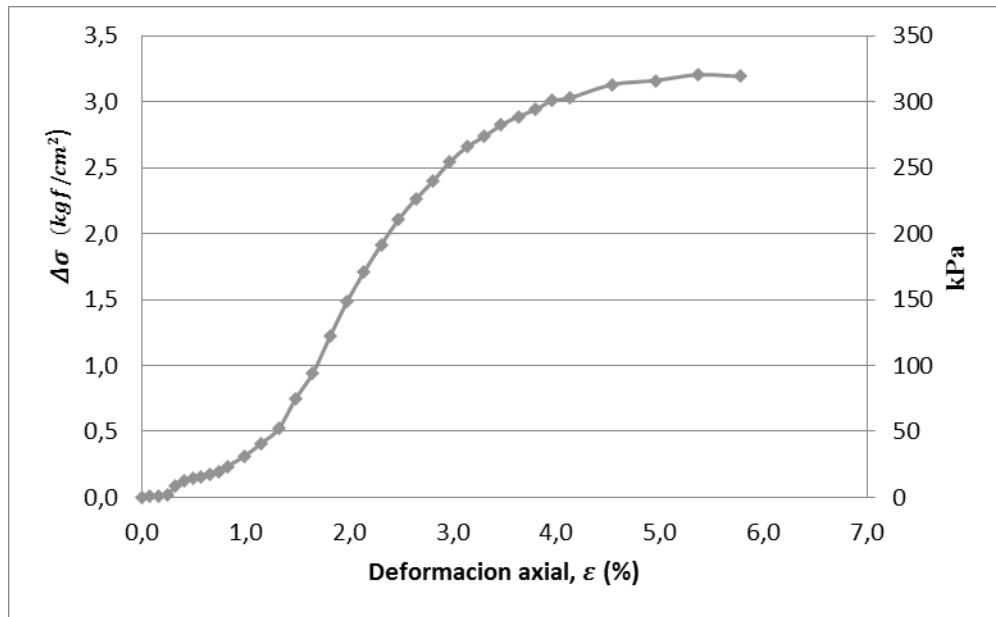
Descripcion del suelo		
Numero de probeta	<u>42</u>	
Densidad maxima	<u>2,123</u>	g/cm^3
Peso humedo de la probeta (al comenzar el ensayo)	<u>515,22</u>	g
Peso humedo de la probeta (al finalizar el ensayo)	<u>514,71</u>	g
Peso seco de la probeta	<u>474,28</u>	g
Contenido de humedad	<u>8,525</u>	$\%$
Altura inicial de probeta, L_0	<u>12,100</u>	cm
Diametro inical de probeta, D_0	<u>5,060</u>	cm
Area inicial de probeta, A_0	<u>20,109</u>	cm^2
G_s	<u>2,7</u>	
Presion de confinamiento	<u>100</u>	Kpa
Volumen probeta,	<u>243,320</u>	cm^3
Densidad de probeta	<u>2,117</u>	g/cm^3
Porcentaje de compactación	<u>99,739</u>	$\%$

Anexo B-118 Resultados 98% Probeta #42

Ensayo triaxial no consolidado-no drenado (UU) (Calculo esfuerzo-deformación axial)

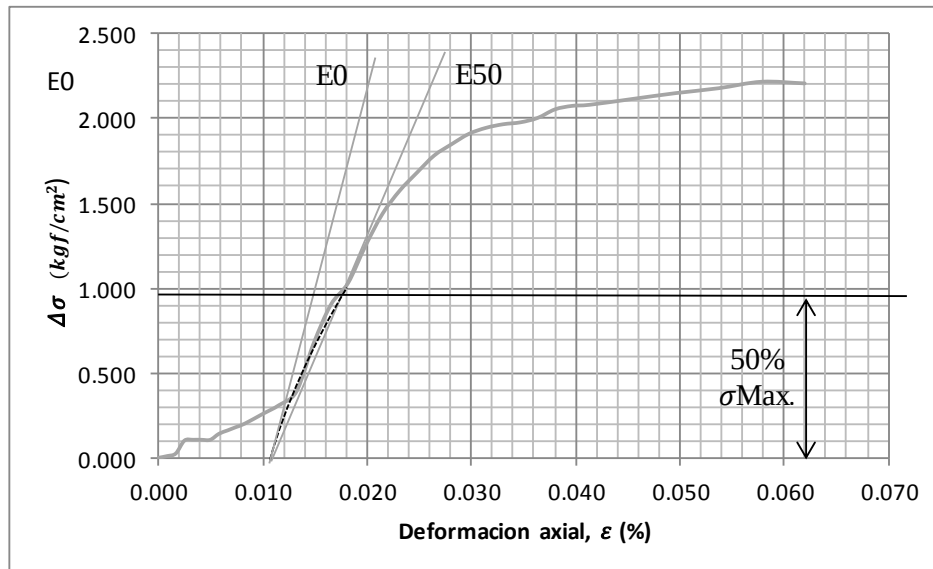
Deformación de la probeta= ΔL (mm)	Deformación vertical $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$	Area corregida $A = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$ (cm ²)	Fuerza vertical P (Kgf)	Esfuerzo desviador $\Delta\sigma = \frac{P}{A}$ (kgf/cm ²)	Esfuerzo desviador KPa
0	0,000	20,109	0,000	0,0	0
0,1	0,001	20,126	0,102	0,0	0,497
0,2	0,002	20,142	0,204	0,0	0,993
0,3	0,002	20,159	0,408	0,0	1,984
0,4	0,003	20,176	1,733	0,1	8,426
0,5	0,004	20,193	2,447	0,1	11,885
0,6	0,005	20,209	2,855	0,1	13,854
0,7	0,006	20,226	3,161	0,2	15,326
0,8	0,007	20,243	3,569	0,2	17,289
0,9	0,007	20,260	3,977	0,2	19,249
1	0,008	20,277	4,792	0,2	23,178
1,2	0,010	20,310	6,322	0,3	30,525
1,4	0,012	20,344	8,361	0,4	40,304
1,6	0,013	20,379	10,605	0,5	51,032
1,8	0,015	20,413	15,295	0,7	73,481
2	0,017	20,447	19,272	0,9	92,430
2,2	0,018	20,481	24,982	1,2	119,616
2,4	0,020	20,516	30,488	1,5	145,734
2,6	0,021	20,551	35,179	1,7	167,871
2,8	0,023	20,585	39,462	1,9	187,989
3	0,025	20,620	43,438	2,1	206,584
3,2	0,026	20,655	46,701	2,3	221,726
3,4	0,028	20,690	49,556	2,4	234,881
3,6	0,030	20,726	52,717	2,5	249,439
3,8	0,031	20,761	55,165	2,7	260,573
4	0,033	20,797	56,898	2,7	268,303
4,2	0,035	20,832	58,836	2,8	276,964
4,4	0,036	20,868	60,263	2,9	283,199
4,6	0,038	20,904	61,487	2,9	288,453
4,8	0,040	20,940	63,016	3,0	295,121
5	0,041	20,976	63,526	3,0	296,996
5,5	0,045	21,067	65,973	3,1	307,108
6	0,050	21,158	66,891	3,2	310,032
6,5	0,054	21,251	68,115	3,2	314,331
7	0,058	21,344	68,115	3,2	312,958

Anexo B-119 Curva Esfuerzo Deformación 98% #42



Anexo C. Cálculo del Módulo de elasticidad por Método Grafico

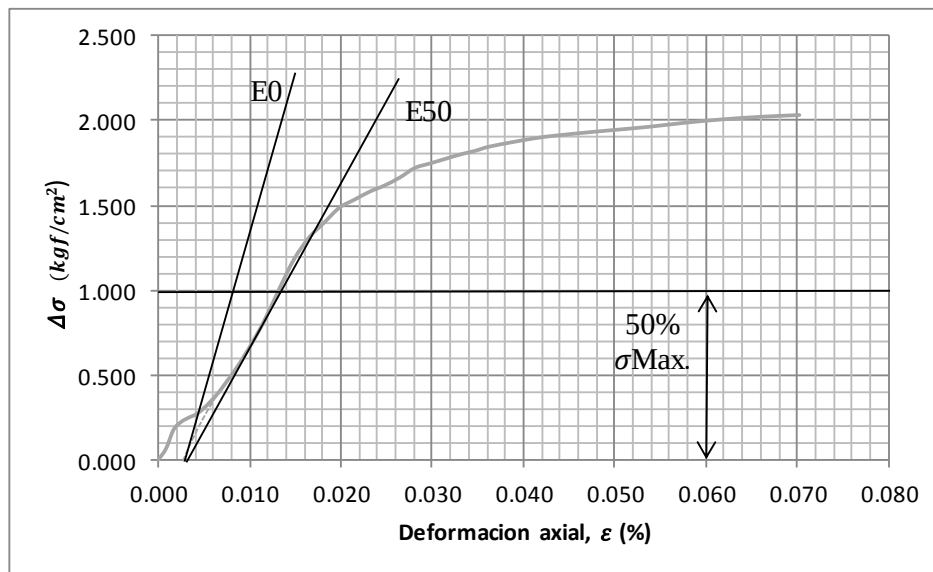
Anexo C-1. Modulo E0 y E50 90% Probeta #22



$$E50 = \frac{1.3}{0.009} = 144.44 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$E0 = \frac{1}{0.004} = 250 \frac{Kg}{cm^2}$$

Anexo C-1. Modulo E0 y E50 90% Probeta #23

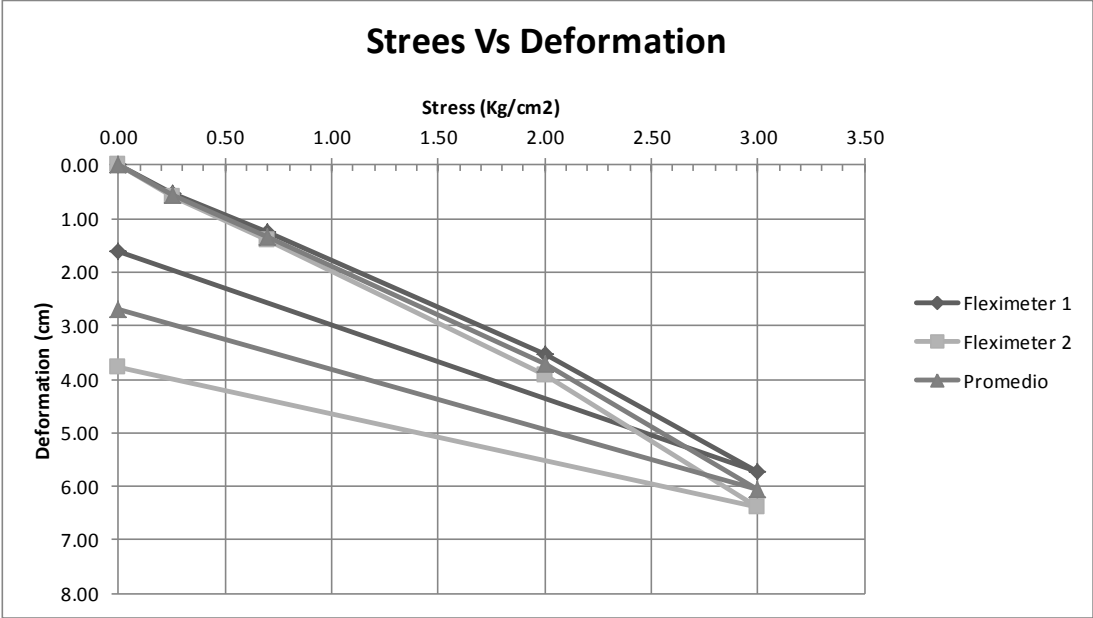


$$E50 = \frac{0.4}{0.004} = 100 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$E0 = \frac{0.4}{0.002} = 200 \frac{Kg}{cm^2}$$

Anexo D Calculo de Modulo de Elasticidad por Prueba de Plato. Norma Británica

Anexo D-1 PC5 Barquisimeto



Strees (Kg/cm ²)	Fleximeter 1 Deformation (mm)	Fleximeter 2 Deformation (mm)	Average Deformation	Reacction module kg/cm ² /cm
0.00	0.00	0.00	0.00	
0.25	0.53	0.58	0.56	4.50
0.70	1.25	1.40	1.33	5.28
2.00	3.53	3.91	3.72	5.38
3.00	5.73	6.38	6.06	4.95
0.00	1.60	3.76	2.68	0.00

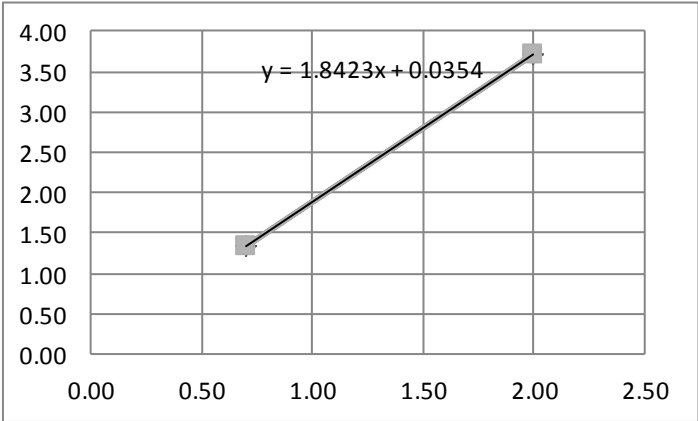
$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	3.00	0.6055	284.657868
	1.62411117	0.30275	308.210682
	0.80244803	0.151375	304.564193

Diametro	u
76.2	0.2

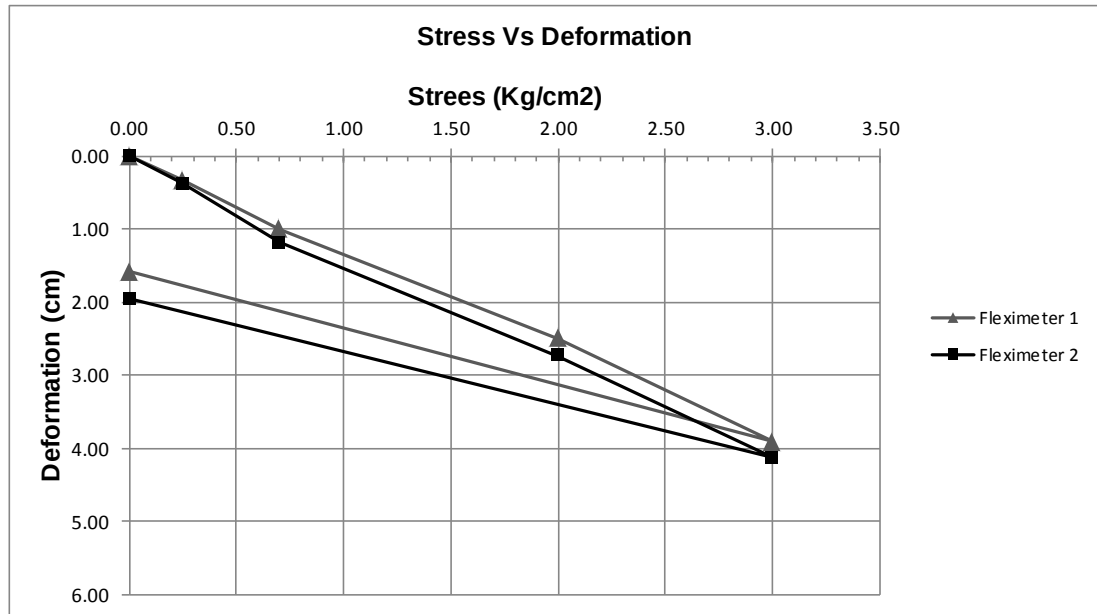
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.70	1.33	0.70	1.33
2.00	3.72	2.00	3.72

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
1.514	0.80244803	3.028	1.62411117

	Y	X1	X0
Recta 1	1.514	1.8423	0.0354
Recta 2	3.028	1.8423	0.0354



Anexo D-2 PC7 Barquisimeto



Strees (Kg/cm ²)	Fleximeter 1 Deformation (mm)	Fleximeter 2 Deformation (mm)	Average Deformation	Reacction module kg/cm ² /cm
0.00	0.00	0.00	0.00	
0.25	0.33	0.37	0.35	7.14
0.70	1.00	1.19	1.10	6.39
2.00	2.50	2.74	2.62	7.63
3.00	3.91	4.13	4.02	7.46
0.00	1.58	1.96	1.77	0.00

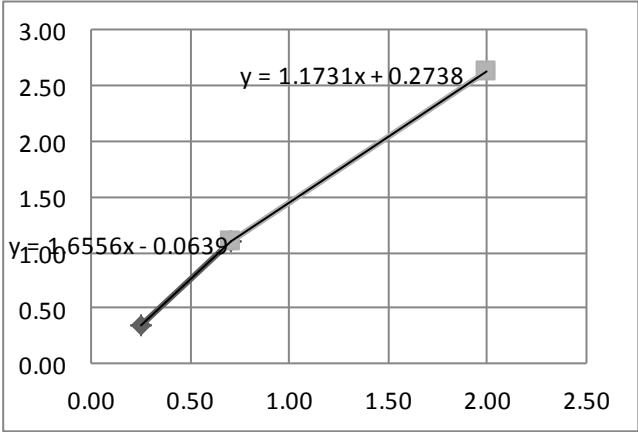
$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	3.00	0.402	428.757063
	1.48001023	0.201	423.043226
	0.64562696	0.1005	369.089494

Diametro	u
76.2	0.2

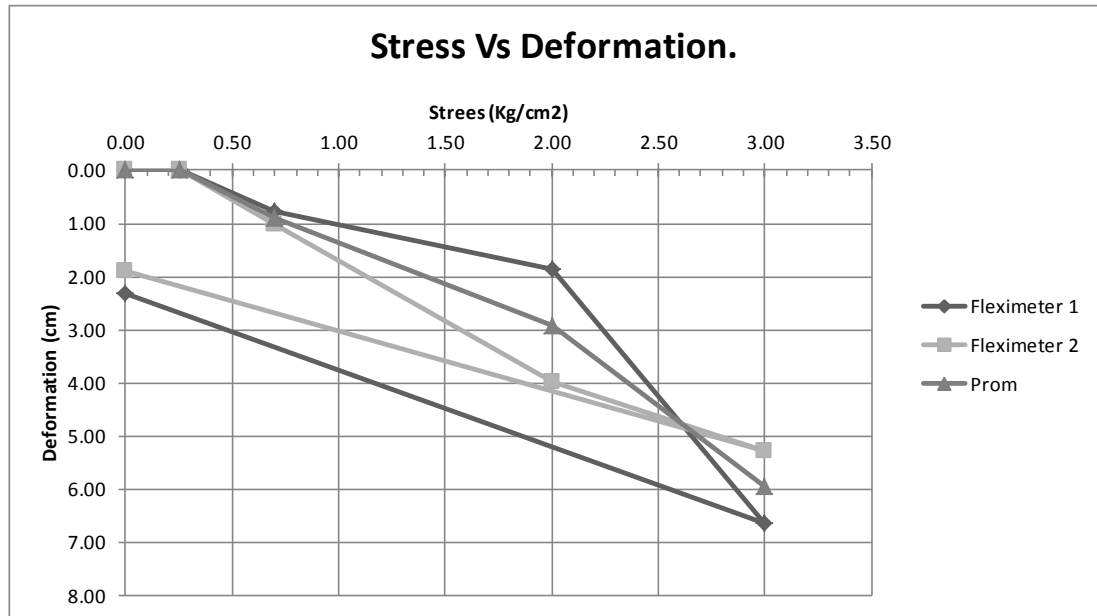
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.25	0.35	0.70	1.10
0.70	1.10	2.00	2.62

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
1.005	0.64562696	2.010	1.48001023

	Y	X1	X0
Recta 1	1.005	1.6556	-0.0639
Recta 2	2.010	1.1731	0.2738



Anexo D-3 PC8 Barquisimeto



Strees (Kg/cm ²)	Fleximeter 1 Deformation (mm)	Fleximeter 2 Deformation (mm)	Average Deformation	Reaction module kg/cm ² /cm
0.00	0.00	0.00	0.00	
0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	0.76	1.02	0.89	7.87
2.00	1.86	3.98	2.92	6.85
3.00	6.65	5.27	5.96	5.03
0.00	2.31	1.90	2.11	0.00

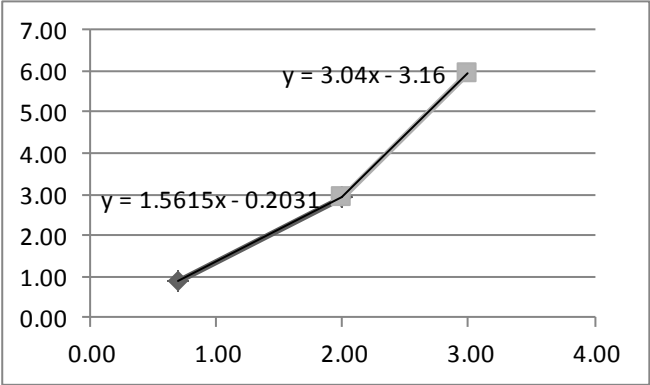
$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	3.00	0.596	289.1952
	2.01973684	0.298	389.3988
	1.08427794	0.149	418.090634

Diametro	u
76.2	0.2

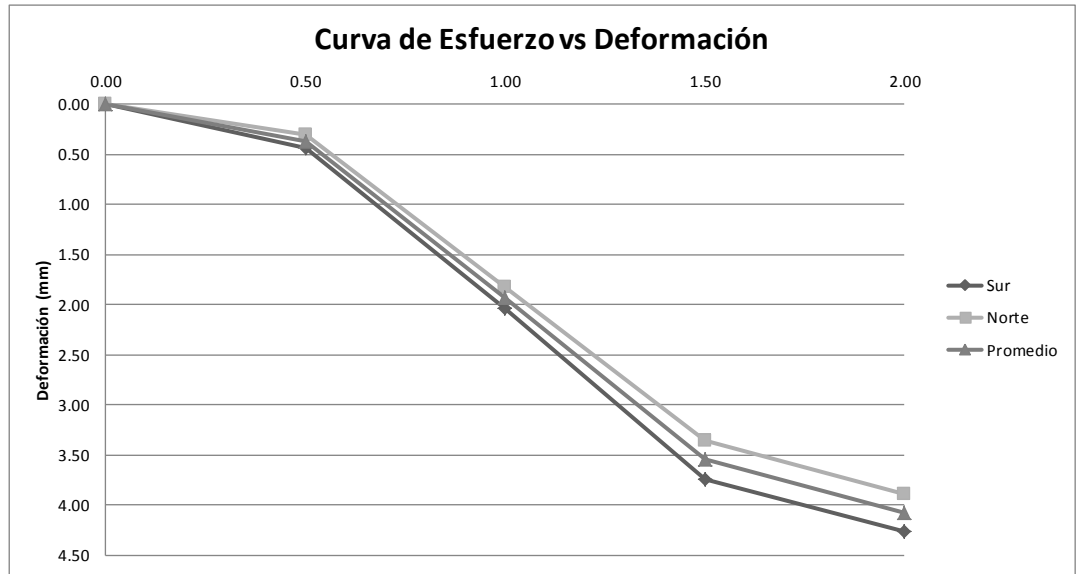
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.70	0.89	2.00	2.92
2.00	2.92	3.00	5.96

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
1.490	1.08427794	2.980	2.01973684

	Y	X1	X0
Recta 1	1.490	1.5615	-0.2031
Recta 2	2.980	3.0400	-3.16



Anexo D-4 T2 Morón



<i>Esfuerzo Kg/cm2</i>	<i>Fleximetro 1 Deformación (mm)</i>	<i>Fleximetro 2 Deformación (mm)</i>	<i>Promedio</i>
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.44	0.31	0.37
1.00	2.04	1.82	1.93
1.50	3.74	3.36	3.55
2.00	4.27	3.89	4.08

$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.84734005	2.00	0.408	281.634541
	1.03	0.204	291.196208
	0.71	0.102	398.454014

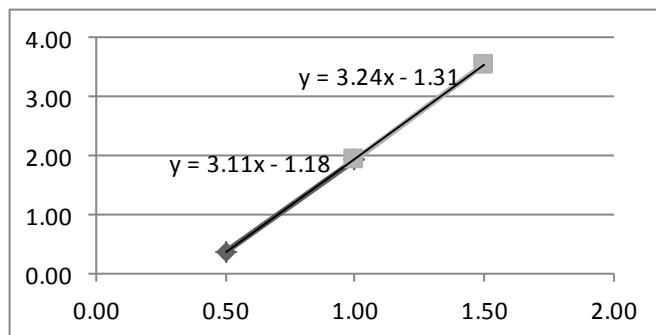
Diametro	ν
76.2	0.2

$$E = \frac{\pi q D}{4} * \frac{(1 - \nu^2)}{\rho}$$

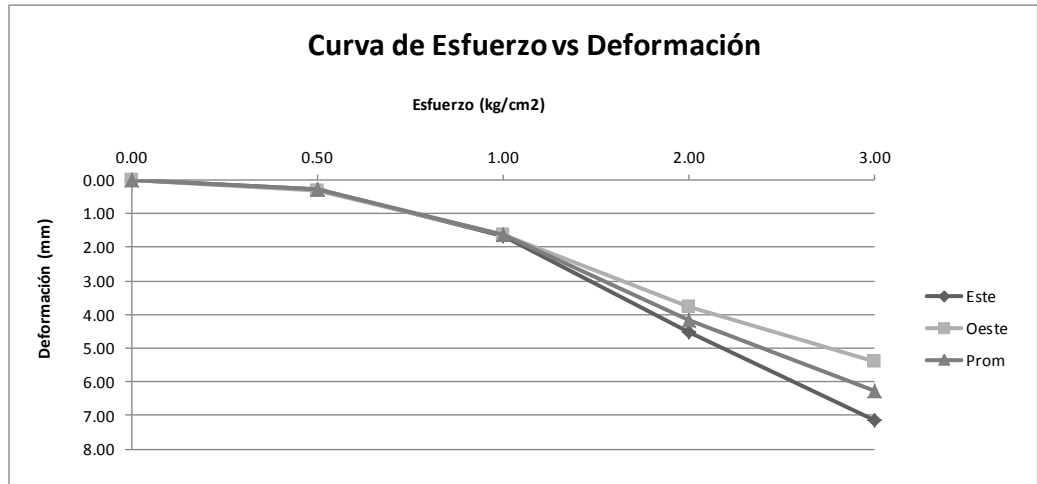
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.50	0.37	1.00	1.93
1.00	1.93	1.50	3.55

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
1.020	0.7073955	2.040	1.03395062

	Y	X1	X0
Recta 1	1.020	3.11	-1.18
Recta 2	2.040	3.24	-1.31



Anexo D-5 T36 Morón



Esfuerzo Kg/cm2)	Fleximetro 1 Deformación (mm)	Fleximetro 2 Deformación (mm)	Promedio
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.28	0.31	0.30
1.00	1.67	1.63	1.65
2.00	4.54	3.78	4.16
3.00	7.15	5.38	6.27

$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	3.00	0.627	275.116264
	1.59	0.313	291.740155
	0.97	0.157	355.485406

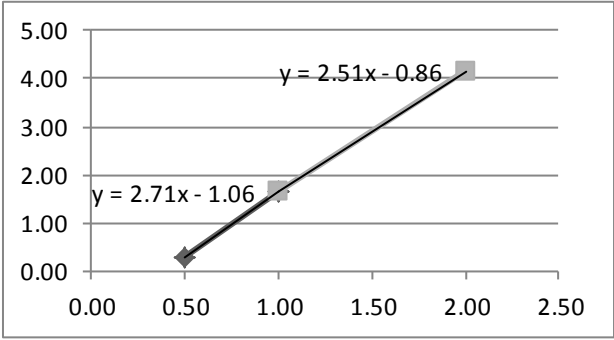
Diametro	ν
76.2	0.2

$$E = \frac{\pi q D}{4} * \frac{(1 - \nu^2)}{\rho}$$

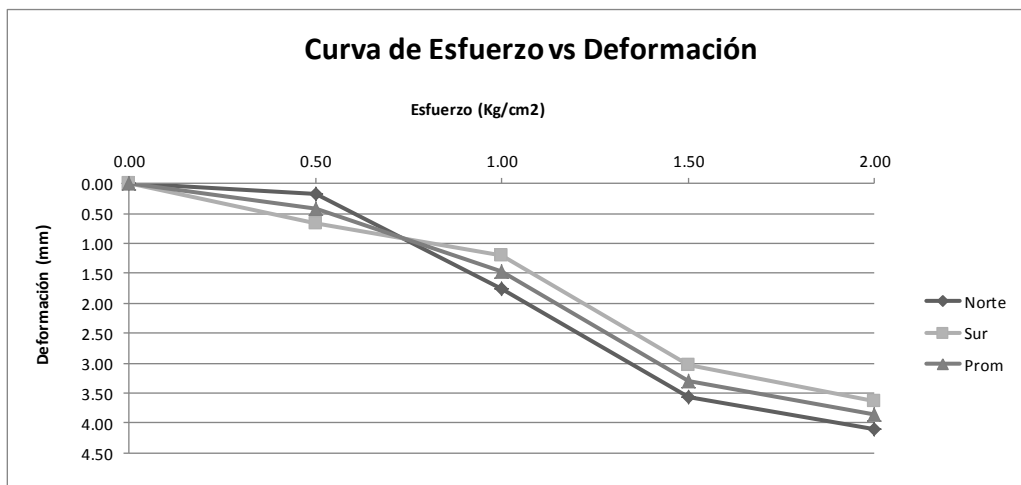
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.50	0.30	1.00	1.65
1.00	1.65	2.00	4.16

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
1.566	0.96909594	3.133	1.59063745

	Y	X1	X0
Recta 1	1.566	2.71	-1.06
Recta 2	3.133	2.51	-0.86



Anexo D-6 T39 Morón



<i>Esfuerzo Kg/cm²</i>	<i>Fleximetro 1 Deformación (mm)</i>	<i>Fleximetro 2 Deformación (mm)</i>	<i>Promedio</i>
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.18	0.67	0.42
1.00	1.75	1.20	1.48
1.50	3.56	3.03	3.30
2.00	4.10	3.63	3.87

$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	2.00	0.387	297.301146
	1.13	0.193	334.66798
	0.76	0.097	450.552808

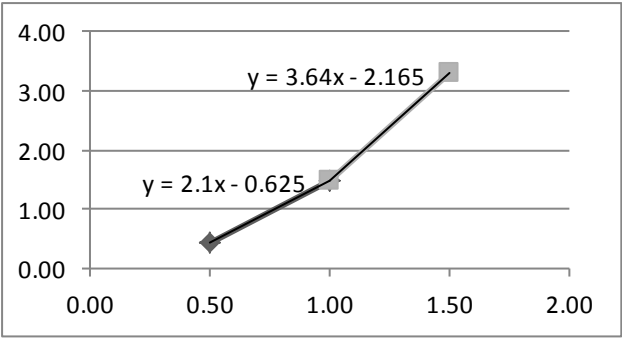
Diametro	ν
76.2	0.2

$$E = \frac{\pi q D}{4} * \frac{(1 - \nu^2)}{\rho}$$

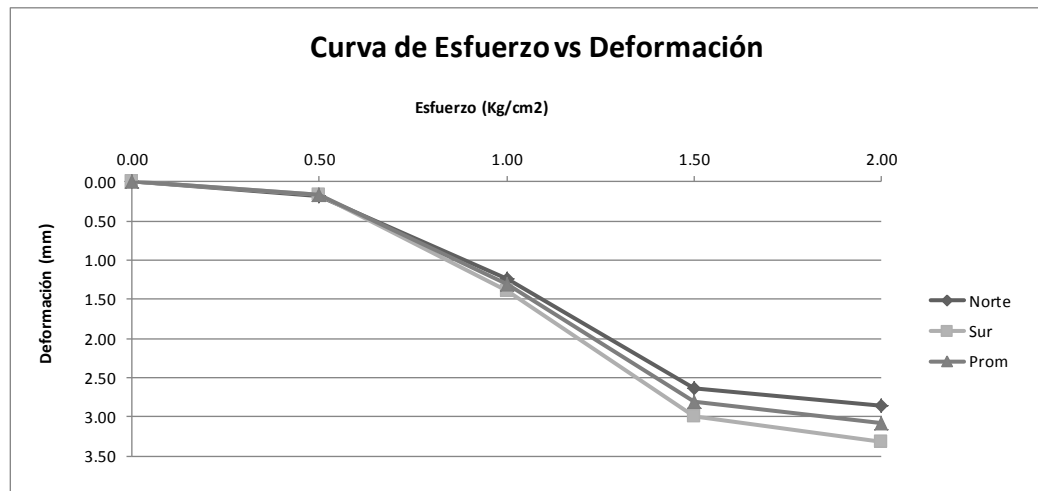
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.50	0.42	1.00	1.48
1.00	1.48	1.50	3.30

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
0.966	0.7577381	1.933	1.12568681

	Y	X1	X0
Recta 1	0.966	2.1	-0.625
Recta 2	1.933	3.64	-2.165



Anexo D-7 T60 Morón



Esfuerzo Kg/cm2)	Fleximetro 1 Deformación (mm)	Fleximetro 2 Deformación (mm)	Promedio
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.18	0.16	0.17
1.00	1.23	1.39	1.31
1.50	2.63	3.00	2.82
2.00	2.86	3.31	3.09

$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	2.00	0.309	372.469669
	1.08	0.154	401.240167
	0.62	0.077	463.259151

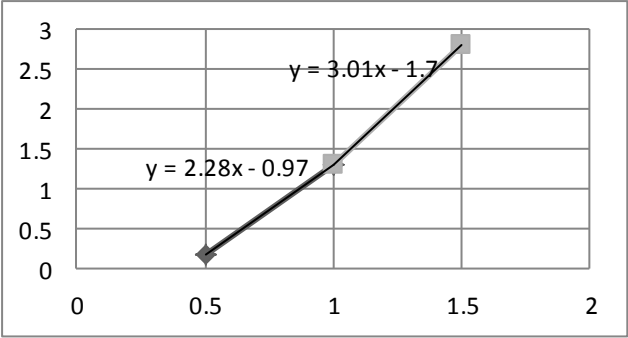
Diametro	v
76.2	0.2

$$E = \frac{\pi q D}{4} * \frac{(1 - v^2)}{\rho}$$

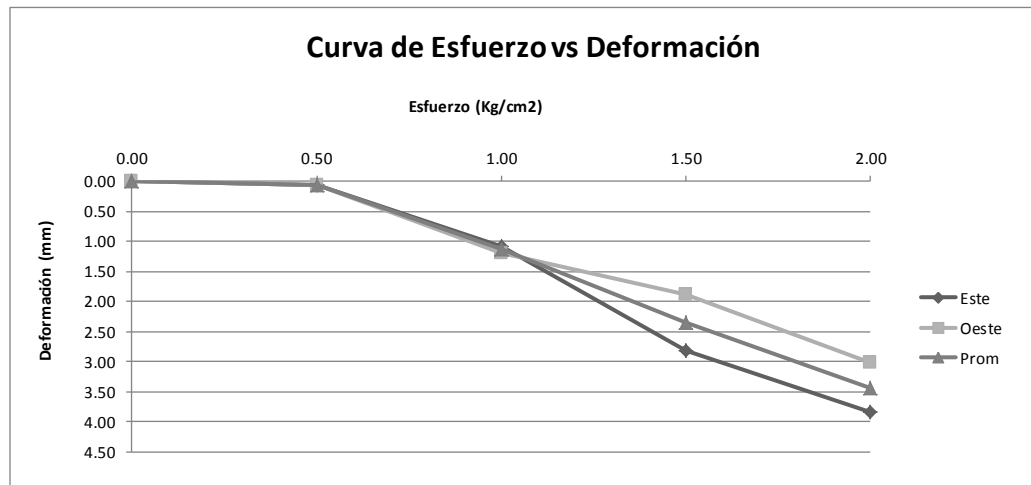
Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.50	0.17	1.00	1.31
1.00	1.31	1.50	2.82

ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
0.771	0.621875	1.543	1.07724252

	Y	X1	X0
Recta 1	0.771	2.8	-0.97
Recta 2	1.543	3.01	-1.7



Anexo D-8 T58 Morón



Esfuerzo Kg/cm2)	Fleximetro 1 Deformación (mm)	Fleximetro 2 Deformación (mm)	Promedio
0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0.06	0.06	0.06
1.00	1.09	1.19	1.14
1.50	2.82	1.88	2.35
2.00	3.85	3.02	3.44

$\pi D/4$	Esfuerzo	ρ	E
59.8473401	2.00	0.344	334.517883
	1.24	0.172	414.346014
	0.87	0.086	581.921734

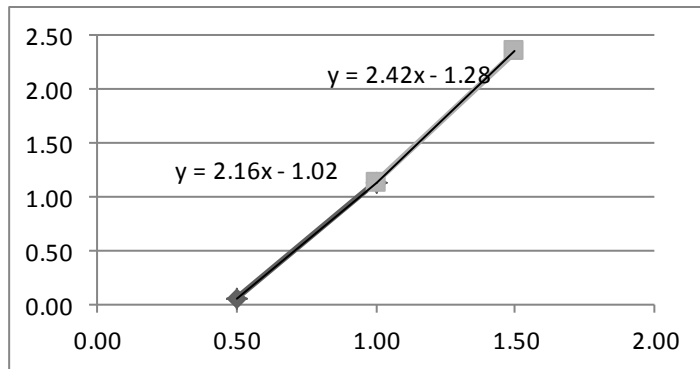
Diametro	ν
76.2	0.2

$$E = \frac{\pi q D}{4} * \frac{(1 - \nu^2)}{\rho}$$

Recta 1		Recta 2	
x	y	x	y
0.50	0.06	1.00	1.14
1.00	1.14	1.50	2.35

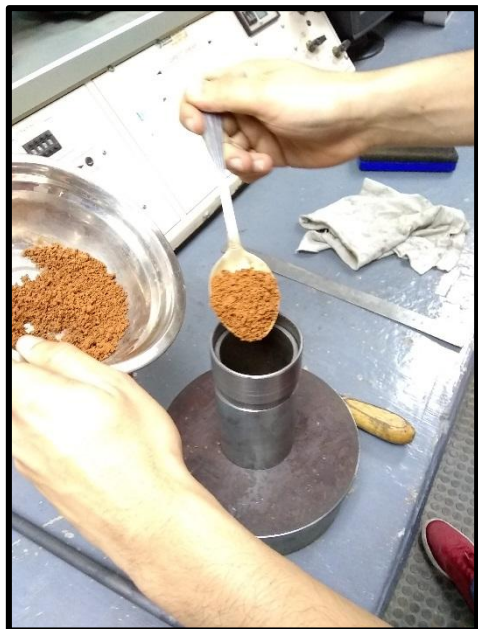
ρ 25%	Esfuerzo	ρ 50%	Esfuerzo
0.859	0.86979167	1.718	1.23863636

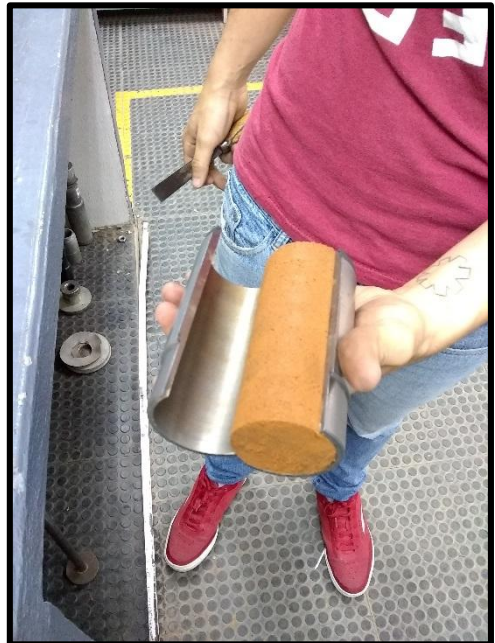
	Y	X1	X0
Recta 1	0.859	2.16	-1.02
Recta 2	1.718	2.42	-1.28



Anexo E-.Memoria fotográfica

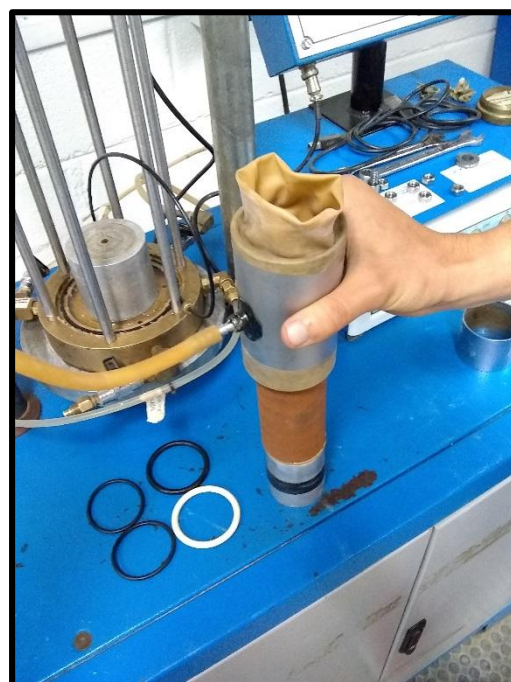
Anexo E-1 Confección de probeta

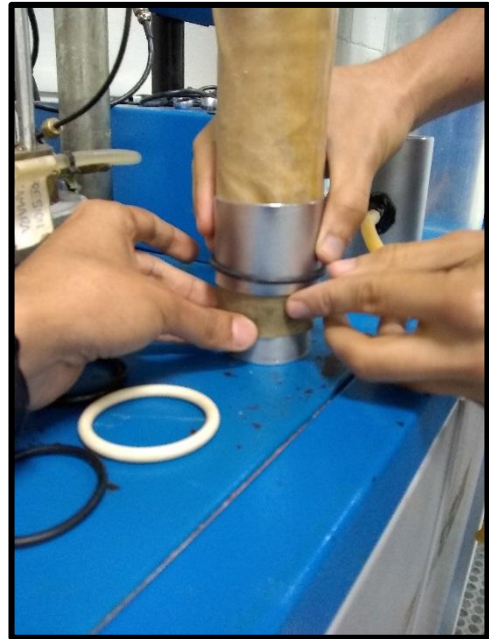






Anexo E-2 Montaje ensayo TXX

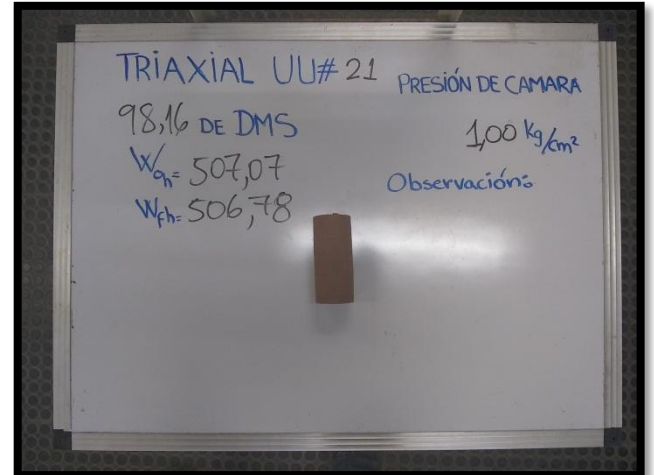
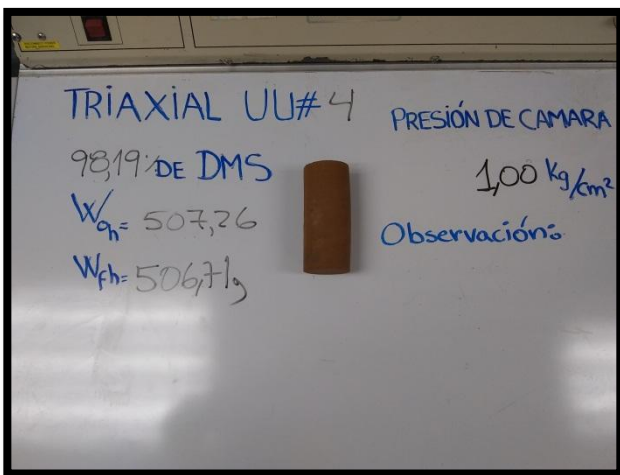
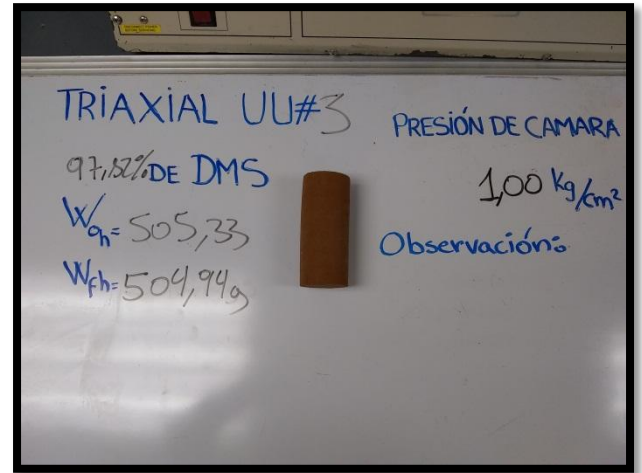
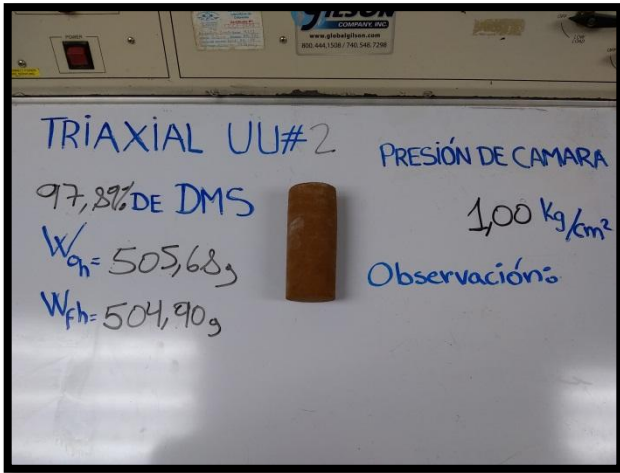




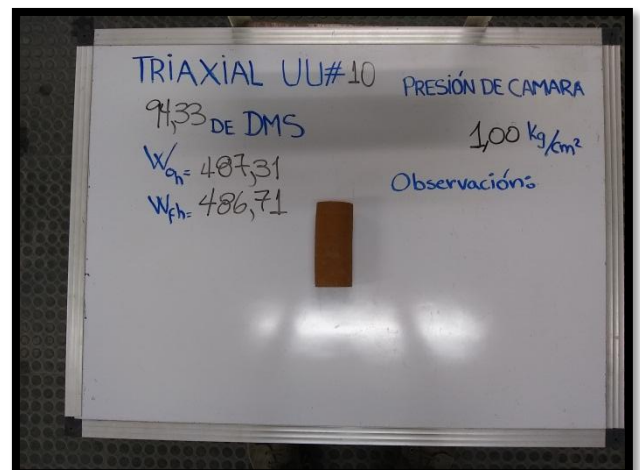
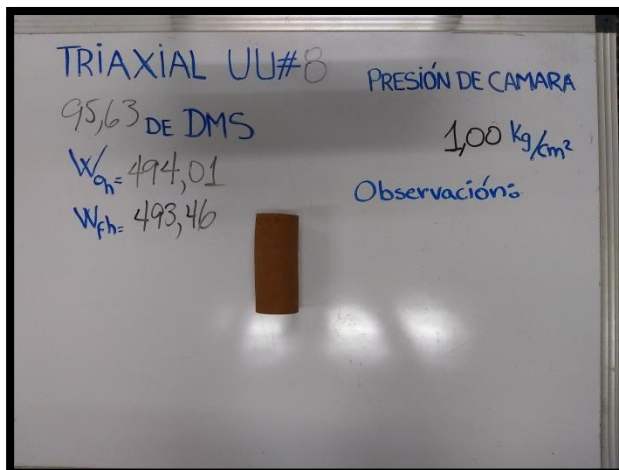
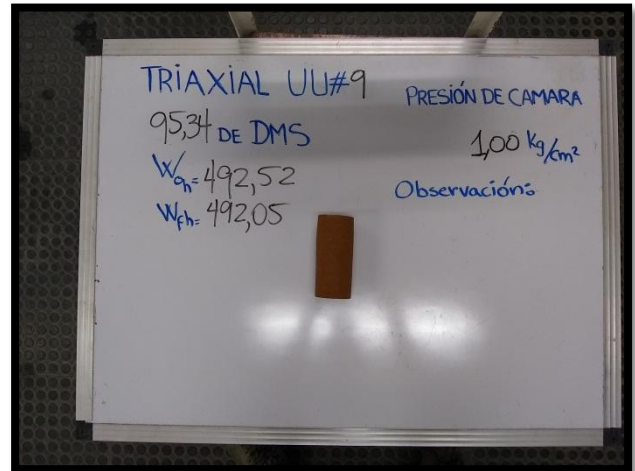
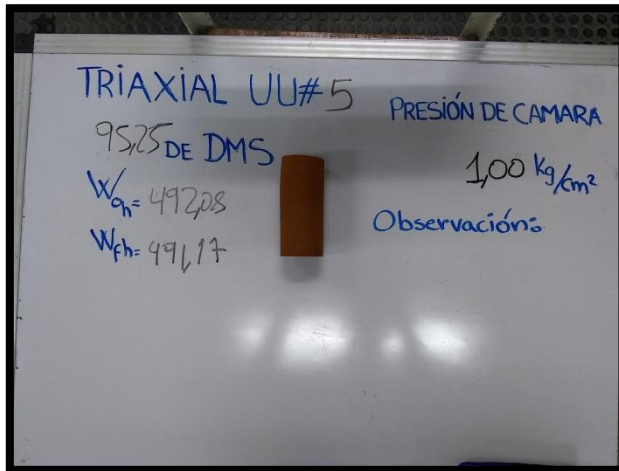


Anexo F Probetas ensayadas TXX

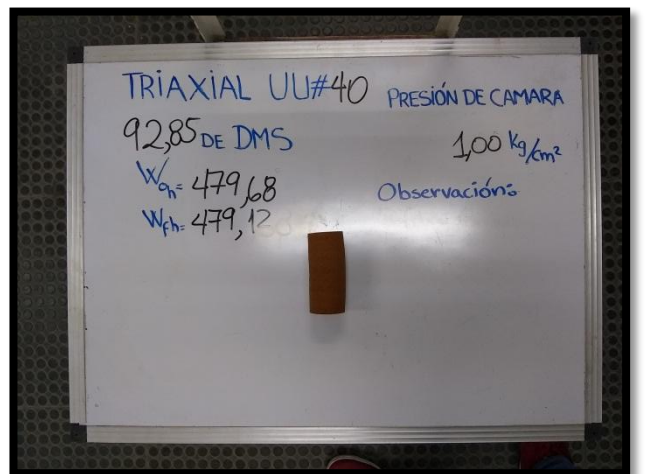
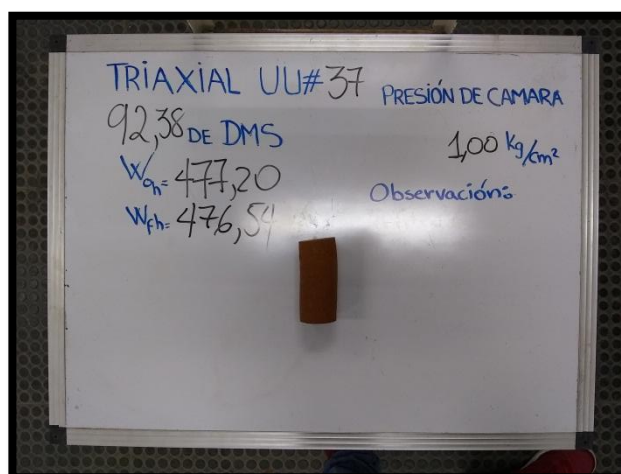
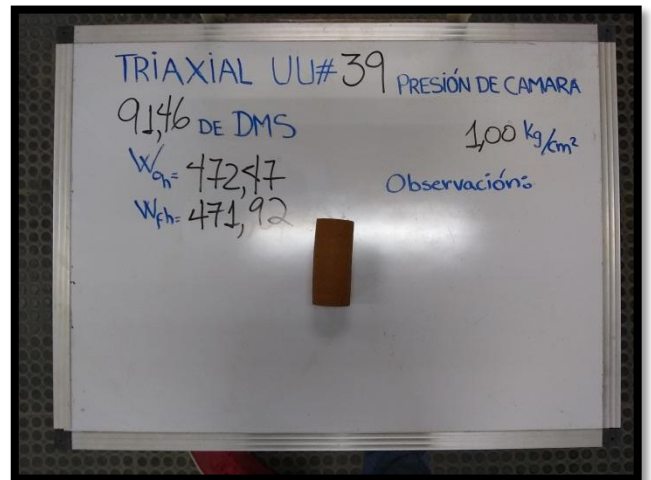
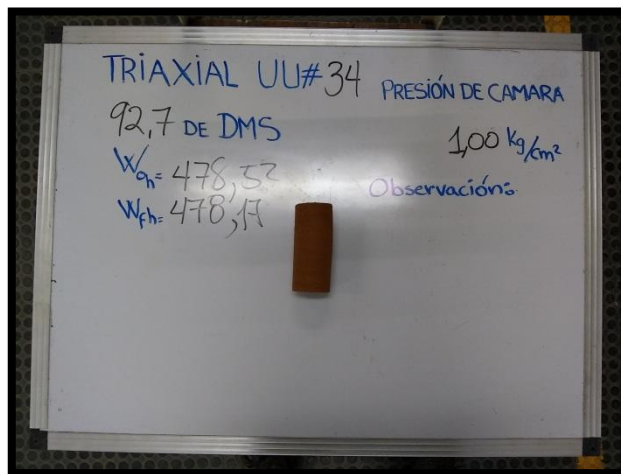
Anexo E-1 Probetas 98% de compactación TXX



Anexo F-1 Probetas 95% de compactación TXX



Anexo F-1 Probetas 92% de compactación TXX



Anexo F-1 Probetas 90% de compactación TXX

