

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE POSGRADO



**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO DE BASES DE
PAVIMENTOS ESTABILIZADAS CON CEMENTO, EN EL
SALVADOR.**

PRESENTADO POR:

JOSE ROBERTO DOUGLAS LEMUS

MAURICIO ERNESTO VALENCIA

PARA OPTAR AL TITULO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA VIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2024.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

M.SC. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO:

ARQ. RAUL ALEXANDER FABIAN ORELLANA

ESCUELA DE POSGRADO

DIRECTOR:

M.SC. ELMER ARTURO CARBALLO RUIZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

MAESTRO EN INGENIERIA VIAL

Título:

**DETERMINACIÓN DEL MÓDULO ELÁSTICO DE LAS BASES DE PAVIMENTOS
ESTABILIZADAS CON CEMENTO, EN EL SALVADOR**

Presentado por:

JOSE ROBERTO DOUGLAS LEMUS

MAURICIO ERNESTO VALENCIA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:



PhD. MIGUEL ANGEL DIAZ SANCHEZ

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2024.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos los que de una u otra forma colaboraron para que esto fuera posible.

“Solo quienes arriesgan yendo muy lejos, pueden descubrir lo lejos que pueden llegar”. T. S. Eliot.

Los Autores

DEDICATORIA.

A mis seres queridos, a mis amigos y a la vida que nos ha dado tanto.

JOSE ROBERTO DOUGLAS LEMUS.

DEDICATORIA.

Dios, por permitirme finalizar esta tesis, dándome el ánimo y consuelo cuando lo necesite.

A mis hijas, María Gabriela, Daniela e Isabella, por ser esa motivación y frescura en mi vida, gracias por apoyarme hijas.

A mi esposa Yansy Vides, por motivarme a llegar hasta el final y no renunciar en el camino, y por ser siempre un apoyo incondicional.

A mis amigos de toda la vida por estar siempre pendiente de esta aventura que hoy termina

Al Ingeniero Jorge Rivera Flores, por ser siempre no solo mi jefe sino mi amigo y apoyarme a completar esta tarea.

Al Ingeniero Dilber Sánchez (Q.D.D.G), por ser el compañero con el cual iniciamos esta aventura y motivarme siempre a seguir

Al Ing. Roberto Douglas Lemus, mi compañero de tesis, por su profesionalismo y alta exigencia con la calidad, que permitió alcanzar las metas propuestas.

MAURICIO ERNESTO VALENCIA

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	3
GENERALIDADES	3
1.1 ANTECEDENTES.	4
1.1.1 DESARROLLO HISTORICO DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	4
1.1.2 DESARROLLO HISTORICO DE LAS BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO PARA PAVIMENTOS.	6
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	8
1.3 OBJETIVOS.	8
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.	8
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.4 ALCANCES.	9
1.5 LIMITACIONES.	9
1.6 JUSTIFICACIÓN.	10
CAPITULO II.....	11
MARCO TEORICO	11
2.0 MARCO TEORICO.....	12
2.1 PAVIMENTO.	12
2.2 BASE.....	14
2.3 BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO (BEC).	14
2.4 MODULO DE ELASTICIDAD (E).....	18

2.4.1	ENSAYOS PARA DETERMINAR DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO (BEC).	20
2.4.2	COMPARACION DE LOS ENSAYOS DE MEDICION DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO (BEC). ...	20
2.4.2.1	ENSAYOS DESTRUCTIVOS.....	21
2.4.2.2	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.	24
2.4.3	APLICABILIDAD DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS.	32
CAPITULO III.....		34
ENSAYOS DESTRUCTIVOS REALIZADOS.....		34
3.1	ENSAYOS DESTRUCTIVOS REALIZADOS.....	35
3.2	FUENTES Y CLASE DE MATERIALES UTILIZADOS.	35
3.3	PREPARACION DE LAS MUESTRAS.....	39
3.4	DETERMINACION DE MODULOS DE ELASTICIDAD.	40
CAPITULO IV		45
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		45
4.1	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	46
4.2	CALCULO DEL MODULO POR RETRO CALCULO.....	47
4.2.1	CARRETERA CA01W, TRAMO KM 35+00 - EL PORTEZUELO.....	47
CAPITULO V		53
ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS		53
5.1	ANALISIS DE RESULTADOS.	54
5.2	MODULOS SUGERIDOS.....	55
5.3	MÓDULOS DE LABORATORIO.....	56

5.4	MÓDULO POR RETRO CALCULO.....	64
CAPITULO VI		65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
6.1	CONCLUSIONES.....	66
6.2	RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		70
ANEXOS.....		71
ANEXO 1		72
ENSAYOS DE MATERIALES.....		72
ANEXO 2		91
RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO		91
PORCENTAJE DE CEMENTO 3%		91
ANEXO 3.....		110
RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO		110
PORCENTAJE DE CEMENTO 4%		110
ANEXO 4.....		138
RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO		138
PORCENTAJE DE CEMENTO 5%		138

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ilustración de las capas de estructura del pavimento flexible.</i>	13
<i>Figura 2: Ilustración de las capas de estructura del pavimento rígido.</i>	13
<i>Figura 3: Deflexiones en el pavimento según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).</i>	15
<i>Figura 4: Distribución de las cargas según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).</i>	16
<i>Figura 5: Ahuellamiento según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).</i>	17
<i>Figura 6: Bombeo según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).</i>	17
<i>Figura 7: Máquina para compresión sin confinar, digital. Fuente: Catalogo Pinzcuar.</i>	22
<i>Figura 8: Deflectómetro de impacto (FWD). Fuente: Modulus 7.0</i>	25
<i>Figura 9: Como trabaja el Deflectómetro de impacto (FWD). Fuente: Modulus 7.0</i>	25
<i>Figura 10: Placa de carga en forma de plato de FWD. Fuente: Technology and Management Limited (TNM).</i>	26
<i>Figura 11: Cuenco de deflexiones. Fuente: Technology and Management Limited (TNM).</i>	26
<i>Figura 12: Ilustración del modelaje de multicapa elástica en el retro cálculo de pavimentos. Fuente: Nondestructive testing of pavements.</i>	28
<i>Figura 13: Descripción simplificada de como la deflexión es optimizada por los programas de computadora. Fuente: Nondestructive testing of pavements.</i>	29
<i>Figura 14: Determinación de módulo de elasticidad mediante Software especializado. Fuente: Dynatest.</i>	30
<i>Figura 15: Software Modulus 7.0.</i>	31

<i>Figura 16: Ubicación y tipo de materiales de La Cantera-Grupo ECON. Fuente: LEG, S.A. de C.V.</i>	36
<i>Figura 17: Ubicación y tipo de materiales de Plantel María Auxiliadora-CORTEN. Fuente: LEG, S.A. de C.V.</i>	37
<i>Figura 18: Ubicación y tipo de materiales de Plantel Dulce María, Armenia. Fuente: LEG, S.A. de C.V.</i>	38
<i>Figura 19: Ensayo de Compresión sin confinar en TPLAB. Fuente: TPLAB, S.A. de C.V.</i>	41
<i>Figura 20: Estructura de pavimento existente a retro calcular en MODULUS 7.0 B. Fuente: MODULUS 7.</i>	50
<i>Figura 21: Carretera CA01W (km 35) en condiciones de inundación durante la presente temporada lluviosa. Fuente: Noticias 4 Visión.</i>	52
<i>Figura 22: Rangos para interpretación del CV. Fuente: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. García, López, Calvo</i>	55
<i>Figura 23: Gráfica Q_u vs Modulo de Elasticidad (curva 7 días). Fuente: Elaboración propia.</i>	60
<i>Figura 24: Gráfica Q_u vs Modulo de Elasticidad (curva única 7 días, AASHTO, Illinois). Fuente: Elaboración propia.</i>	61
<i>Figura 25: Variación del coeficiente estructural de Bases cementadas. Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento.</i>	62

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Modulo de elasticidad y coeficiente de fricción para diferentes tipos de base. Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2: Propiedades de los agregados. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 3: Propiedades de las mezclas de materiales. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 3% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 4% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 6: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 5% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7: Deflexiones carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100, con base de suelo cemento, año 2015. Fuente: MOP.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 8: Deflexiones interpretadas por MODULUS 7.0, carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100. Fuente: MODULUS 7.0</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 9: Deflexiones analizadas por MODULUS 7.0, carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100. Fuente: MODULUS 7.0</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 10: Resultados de retro cálculo Carretera CA01W, Tramo Km 35+000 Portezuelo. Fuente: MODULUS 7.0.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11: Evaluación comparativa de rangos de valores para los módulos de elasticidad de bases estabilizadas con cemento. Fuente: Elaboración propia. .</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 12: Análisis estadístico 3%. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 13: Análisis estadístico 4%. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 14: Análisis estadístico 5%. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 15: Análisis comparativo de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 16: Calculo de coeficientes estructurales. Fuente: Elaboración propia....</i>	<i>63</i>

I. INTRODUCCIÓN

En la Ingeniería de Pavimentos existe el siguiente mito, que debería ser siempre considerado, y es lo que motivo la intención de este trabajo:

“La ingeniería de pavimentos es el arte y la ciencia de modelar materiales que no comprendemos del todo su comportamiento, en formas que no podemos analizar con precisión, para resistir cargas que no podemos predecir con exactitud, todo ello de tal manera que nadie pueda sospechar de nuestra ignorancia”

No obstante, los destacables avances técnicos, aún existen grandes lagunas en nuestra comprensión y con frecuencia las mayores incertidumbres están relacionadas con las condiciones y los materiales del sitio, su variabilidad y su complejo comportamiento bajo las repetidas cargas de tráfico y las condiciones ambientales.

En las estructuras de pavimento el Módulo de Elasticidad (E), es la propiedad mecánica que representa la rigidez de un material en la región elástica, es decir su capacidad de resistir una deformación cuando se le aplica una fuerza, en consecuencia, uno de los parámetros más importantes para caracterizar la capacidad de soporte de los materiales de las diferentes capas del pavimento y como intermediario para obtener otros parámetros o directamente aplicado en procesos de cálculo.

Para el caso de las Bases Estabilizadas con Cemento, existe la disponibilidad de equipos que permiten su determinación de las siguientes maneras:

- Ensayos de laboratorio durante el proceso de diseño.
- A través de ensayos de laboratorio y mediciones de campo durante la construcción.
- Ensayos de laboratorio y mediciones de campo cuando las estructuras de pavimento están en servicio.

Esto implica realizar ensayos destructivos (laboratorio) y no destructivos (mediciones) para obtener Módulos de Elasticidad, en este último caso a través del procesamiento de la información por retro cálculo. Por su naturaleza los ensayos destructivos y no destructivos requieren distintos equipos, aplicando cargas con procesos y órdenes de magnitud diferentes, con los cuales se obtienen módulos elásticos para realizar cálculos en el diseño, para la evaluación de calidad durante la construcción y para la evaluación de desempeño en funcionamiento.

En la práctica independientemente del tipo de ensayo o medición realizada, se utilizan indistintamente, con lo cual se generan discrecionalidades en su aplicación. Por esa razón en el desarrollo de este trabajo por medio de ensayos de laboratorio y análisis de mediciones realizadas en proyectos en funcionamiento, se busca definir un valor representativo de Módulo de Elasticidad para Bases Estabilizadas con Cemento, en función de materiales y practicas constructivas locales, que permitan unificar su aplicabilidad.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES.

1.1.1 DESARROLLO HISTORICO DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS.

Los métodos de diseño de estructuras de pavimento (flexibles, rígidas, semirrígidas) en uso en la región latinoamericana, a través del tiempo, producto de investigación y experimentación, han tenido una constante evolución a partir de:

- Métodos Empíricos producto de experiencia y sentido común de los proyectistas.
- Métodos basados en la Mecánica de Suelos: Índice de Grupo, Edafológicos, Resistencia (carga-deformación), CBR, R de Hveem, Ensayos Triaxiales.
- Métodos Empíricos basados en el comportamiento del servicio de los pavimentos, por medio de los llamados Experimentos Viales: Road Test Bates (División de Carreteras de Illinois), Road Test Maryland, Road test WASHO (Western Association of State Highway Officials), Road Test AASHO.
- Métodos Híbridos con componentes Empíricos y Mecanicistas: consideran parámetros empíricos respaldados y correlacionados con parámetros mecanicistas, el más aplicado y producto de su propia evolución ha sido el método contenido en la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimento AAASHTO 93.

- Métodos Híbridos con componentes Mecanicistas Empíricos con parametros con principios mecanicistas sólidos y una base empírica, como el Proyecto de Investigación 1-37A de la NCHRP (National Cooperative Highway Research Program), cuya versión actual es denominado como Guía AASHTO MEPGD. En América Latina, países como Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, México entre otros, han llevado a cabo propuestas de guías de diseños de estructuras de pavimento mecanicista empírico, este tipo de metodologías aún están en proceso de uso y evaluación.
- Métodos Mecanicistas que pretenden tener un enfoque puramente científico, con un marco teórico suficiente que permita el análisis completo de la mecánica del comportamiento de un pavimento, ante las acciones del clima y del tránsito vehicular, pero en la actualidad el estado del arte está a nivel de propuestas, sin los adecuados respaldos para la implementación de la metodología mecánica pura.

Toda esta evolución ha permitido minimizar los efectos de su aplicación al extrapolar a proyectos en zonas con diferentes tipos de tránsito, suelos y clima, dándole más confiabilidad a los resultados, lo cual se ha evidenciado en el desempeño de las estructuras de pavimento ante las solicitaciones del tránsito circulante sobre las mismas, así mismo admiten considerar mejoras en la calidad de los materiales que las constituyen, siendo el módulo de elasticidad un parámetro fundamental.

1.1.2 DESARROLLO HISTORICO DE LAS BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO PARA PAVIMENTOS.

El uso de un material cementante como mejorador de las características mecánicas del suelo viene desde los tiempos antiguos, utilizando diferente cementante, pero buscando el mismo resultado, los chinos, romanos, mayas y otros iniciaron esta tecnología, en lo que hoy conocemos como suelo cemento.

En general, se considera que la aplicación del suelo cemento, empezó a estudiarse en forma metódica y científica en la decena de 1910 a 1920, sin embargo, existen muchos antecedentes en la literatura que muestran que su utilización en pisos y muros comenzó desde mucho antes. Puede asegurarse que el arte de su aplicación se inició con el uso del cemento, cuando el constructor común encontró en la mezcla de cemento y suelo un excelente material de construcción.

Parece ser que la utilización del suelo cemento en forma científica, se originó casi simultánea e independientemente en los Estados Unidos de América e Inglaterra.

En Filadelfia, E. U.A., Joseph Hay Amies, en febrero de 1914, adquirió la Patente de un producto que denominó "Alkaline Cement", manufacturado en una planta central que combinaba unas 60 partes de cemento Portland con alrededor de 30 partes de hidróxido de calcio y cerca de 10 partes de sosa cáustica. El producto resultante fue mezclado con suelo natural y agua 1 a 2 y 3 a 1.

Además, posteriormente Amies presentó otras dos patentes del mismo tipo en 1914 y 1915.

En Inglaterra, en el año de 1917, el Ing. H. E. Brooke Bradley aplicó exitosamente una mezcla de cemento con suelos arcillosos en la construcción de unas carreteras cerca de la población de Salisbury Plain en el Condado de Wiltshire. A pesar de los resultados halagadores alcanzados por el uso del suelo cemento

en algunos condados ingleses, la técnica no fue muy utilizada, quizá porque el tráfico principal en esa época consistía en coches con ruedas de acero tirados por caballos.

En el año de 1921 en el estado de California, E.U.A., se usa el suelo cemento para estabilizar suelos arcillosos. Posteriormente, en el año de 1932, el Departamento de Caminos Estatales de Carolina del Sur, E.U.A., creó laboratorios para su investigación e impulsó científicamente su estudio. Ya con sólidas bases. En 1935, se hizo la primera construcción supervisada de suelo cemento con técnica moderna, cerca de Johnsonville, South Carolina. A partir de entonces se tuvo la certeza de la factibilidad técnica y económica de su construcción masiva con éxito. El esfuerzo conjunto de la Portland Cement Association (PCA), el Bureau of Public Roads y el Highway Department del estado de Carolina del Sur contribuyó al desarrollo tecnológico de la estabilización de suelos con cemento, realizando diversos tramos experimentales de carreteras entre 1930 y 1940.

El hecho que finalmente lo impulsó fue la segunda guerra mundial, ya que las fuerzas militares alemanas utilizaron eficientemente el suelo cemento para una muy rápida construcción de 130 aeropuertos en Europa, que funcionarían en condiciones muy difíciles, porque un buen número de éstos estaban situados en la U.R.R.S. y otros en la Europa Central donde ocurren condiciones climatológicas sumamente severas de congelación en el invierno.

Por haber probado su bondad en condiciones tan adversas después de pasada la segunda guerra mundial se le utilizó en forma masiva para la construcción de modernas aeropistas y carreteras en Alemania y en las Naciones más desarrolladas. Posteriormente sólo se reporta su uso militar limitado en la guerra del Vietnam.

Después de 1945, terminada la segunda guerra mundial, se inician en España y Latinoamérica, practicas con suelo cemento aplicado a carreteras, siendo

Argentina, Colombia y El Salvador los países con más de 60 años de experiencia en la construcción de caminos de este tipo.

Desde entonces el uso del suelo cemento en El Salvador, ha sido progresivo, ya que en algunas carreteras y muchos de los caminos rurales pavimentados tienen base de suelo cemento y en los últimos años bases estabilizadas con cemento, en la mayoría de las nuevas vías urbanas e interurbanas.

En la actualidad se ha generalizado, para estabilizar con cemento, el uso no solo de los suelos propios del lugar, sino materiales granulares producto del proceso de reclamación de bases granulares existentes y/o producto de procesos de trituración.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Para efectos de diseño de las estructuras de pavimento, los parámetros utilizados para las bases de pavimentos estabilizadas con cemento, ampliamente utilizadas en El Salvador, han estado en función de correlaciones obtenidas de metodologías genéricas planteadas en condiciones diferentes a las de nuestro país.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Establecer el rango de valores de Módulos Elásticos (E) de las Bases Estabilizadas con Cemento (BEC) utilizadas en pavimentos en El Salvador.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Conformar una base de datos de algunos tipos de bases estabilizadas con cemento utilizadas en El Salvador, en la estructura de los pavimentos.
- Recolectar y procesar datos de ensayos destructivos y no destructivos realizados a las bases estabilizadas con cemento en El Salvador.
- Pruebas de laboratorio y retro cálculo para la obtención de los módulos elásticos de las bases estabilizadas con cemento en El Salvador.

1.4 ALCANCES.

Este trabajo de graduación tendrá los siguientes alcances:

- Hacer uso de información existente recabada a través de métodos destructivos y no destructivos disponible en el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y otras fuentes.
- Retro cálculo de acuerdo con la metodología multicapa elástica, a fin de determinar los módulos de elasticidad de algunos tipos de bases estabilizadas, contrastándolos con valores obtenidos a partir de ensayos destructivos que son utilizados en las diferentes metodologías de diseño de pavimentos rígidos y flexibles.

1.5 LIMITACIONES.

Por la naturaleza de este trabajo se limitó a realizar ensayos de laboratorio de algunos Bancos de Materiales, usualmente utilizados para la construcción de este tipo de bases con los porcentajes de cemento acordes a los tipos de

materiales y el tipo de cemento usualmente utilizado en nuestro medio para estos fines, complementado con el análisis de información, debidamente filtrada en función de su consistencia y validez estadística, disponible en el MOP y otras fuentes.

1.6 JUSTIFICACIÓN.

El Módulo de Elasticidad es un parámetro crucial para caracterizar y definir la respuesta de las bases estabilizadas con cemento a las sollicitaciones de tránsito, siendo de suma importancia su definición, para poder obtener resultados confiables y representativos de los diseños, calidad constructiva y desempeño en funcionamiento de estructuras de pavimento que involucren el uso de este tipo de bases.

En nuestro medio el estado del arte sobre este tema no permite tener valores representativos relativamente confiables del Módulo de Elasticidad para los materiales locales utilizados en este tipo de bases estabilizadas con cemento en las estructuras de pavimento, en este sentido se hace necesario la determinación de rango de valores contrastando los resultados obtenidos con ensayos de compresión sin confinar y por mediciones de campo de algunos proyectos a través del ensayo Falling Weight Deflectometer (FWD).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.0 MARCO TEORICO

2.1 PAVIMENTO.

El pavimento es una estructura que debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, al desgaste al estar expuesto a los elementos naturales y a otros agentes perjudiciales, así como transmitir a la subrasante los esfuerzos por las cargas del tránsito. Entre las características principales que debe cumplir un pavimento se encuentran las siguientes:

- Resistencia Estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de Conservación.
- Confort.

Las estructuras de Pavimento en función de las capas que las componen y en consecuencia de la transmisión de las cargas a la subrasante se clasifican según se detalla gráficamente a continuación:



Figura 1: Ilustración de las capas de estructura del pavimento flexible.



Figura 2: Ilustración de las capas de estructura del pavimento rígido.

2.2 BASE.

Constituye el principal elemento estructural del pavimento, tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

La capa base desarrolla, por tanto, una función eminentemente resistente, debiendo ser además compacta y duradera para que sus características mecánicas sean lo más homogéneas posibles durante todo el periodo de proyecto.

La base puede ser:

- Granular.

Material procedente de banco o producto de trituración de materiales pétreos, que cumplen requerimientos de granulometría, plasticidad, CBR, desgaste y otros; según las características físico-mecánicas definidas para la capa.

- Estabilizada.

Productos comerciales manufacturados que, cuando se adicionan a un suelo, a agregados procedentes de bancos de préstamo o de trituración, a materiales reciclados reutilizables de estructuras de pavimento existentes o una combinación de estos, en cantidades apropiadas, alteran favorablemente desde el punto de vista del comportamiento ingenieril, algunas propiedades como la textura, la trabajabilidad, la plasticidad y la resistencia.

2.3 BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO (BEC).

Es la capa formada por la combinación de suelo, piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, provenientes del sitio o de fuentes externas,

mezclados con cemento portland (fabricado bajo la norma ASTM C-1157 o ASTM C-595) en bolsas o a granel, en planta o en el sitio, aplicando técnicas de estabilización, compactación y curado, para constituir una base integrante del pavimento. Cuando la capa de base es una mezcla de suelo con cemento se le denomina suelo cemento (SC) y en nuestro medio generalmente los suelos mezclados con cemento son del tipo A-2-4 o un A-4, según clasificación de la Highway Research Board (HRB).

Este tipo de bases aportan solución a problemas de estabilidad, durabilidad y economía, con las siguientes características de comportamiento:

- Provee una base más rígida que reduce deflexiones debidas a las cargas de tráfico con bajas deformaciones en las superficies asfálticas, demorando la aparición de deterioros extendiendo la vida útil del pavimento.
- El CTB proporciona una base más rígida y resistente que una base granular. Una base más rígida reduce las deflexiones debidas a las cargas del tráfico, lo que da como resultado menores tensiones en la superficie asfáltica. Esto retrasa la aparición de deterioro superficial, como el agrietamiento por fatiga, y extiende la vida útil del pavimento (ver Figura 3).

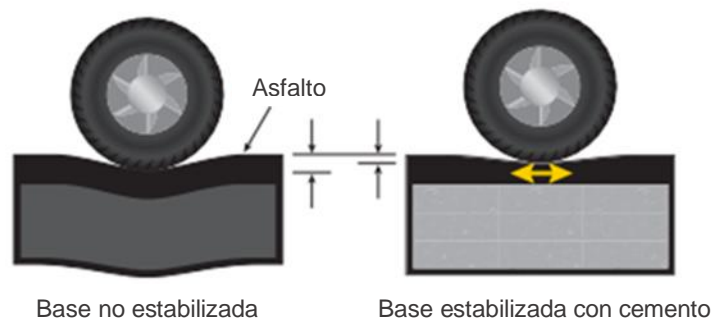


Figura 3: Deflexiones en el pavimento según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).

- Los espesores son menores que los requeridos para bases granulares que soportan el mismo tráfico debido a que las cargas se distribuyen en un área más grande (ver Figura 4). El soporte fuerte uniforme que proporciona como resultado tensiones reducidas aplicadas a la subrasante. Una sección estabilizada con cemento más delgada puede reducir las tensiones en la subrasante más que una capa más gruesa de base de agregado sin tratar, de este modo, se reducen las fallas de la subrasante, los baches y la rugosidad de la carretera.

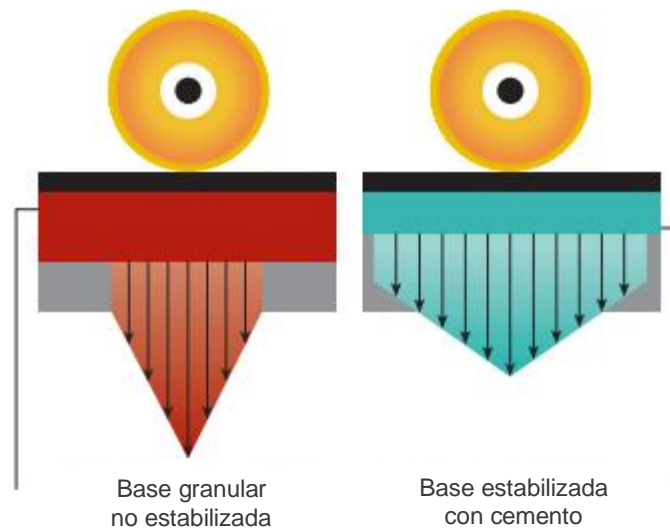


Figura 4: Distribución de las cargas según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).

- Reduce el ahuellamiento producido por las cargas de tráfico que desplazan los materiales granulares debajo de los pavimentos flexibles (consulte la Figura 5).

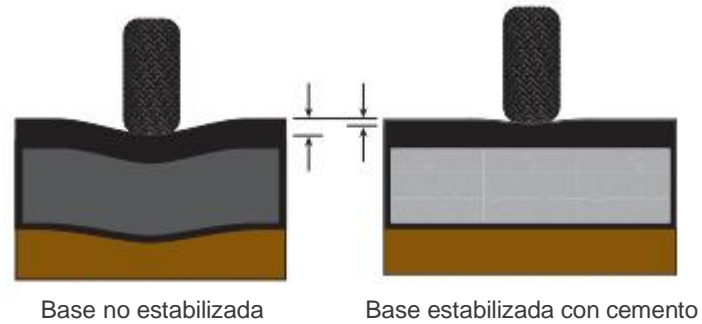


Figura 5: Ahuellamiento según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).

- Disminución del fenómeno de bombeo, producto de su resistencia a la erosión (ver Figura 6).

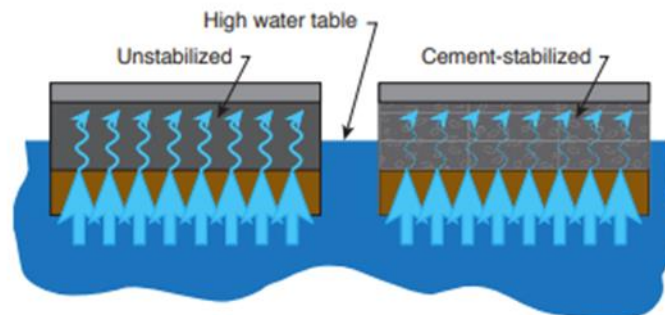


Figura 6: Bombeo según el tipo de base. Fuente: Guide to Cement-Treated Base (CTB).

- Al igual que el concreto, este tipo de bases continúa ganando resistencia con el tiempo.

2.4 MODULO DE ELASTICIDAD (E).

El módulo de elasticidad es una medida de las propiedades mecánicas de los sólidos elásticos lineales que representa la rigidez del material en la región elástica. Este describe la relación entre la tensión (fuerza por unidad de área) y la deformación (deformación proporcional en un objeto). Un objeto sólido se deforma cuando se le aplica una carga particular. Si el objeto es elástico, el cuerpo recupera su forma original cuando se elimina la presión. Muchos materiales no son lineales y elásticos más allá de una pequeña deformación.

El módulo de elasticidad también se conoce como módulo de Young (E), y se define como “la relación entre la tensión y la deformación axiales para un material sometido a una carga uniaxial”¹.

Se obtiene mediante un ensayo de compresión uniaxial estándar, donde se aplica una carga y se mide la deformación longitudinal resultante. La pendiente de la recta inicial de la curva tensión-deformación proporciona el valor del Módulo de Elasticidad.

En la Ingeniería de Pavimentos se utiliza principalmente para:

- Calcular esfuerzos y deformaciones en estructuras de pavimento bajo cargas estáticas.
- Diseñar espesores de capas de pavimento y seleccionar materiales adecuados.
- Evaluar la rigidez general del pavimento y su capacidad para soportar cargas.

¹ POPOVICS, J. S. A Study of Static and Dynamic Modulus of Elasticity of Concrete. University of Illinois, Urbana, IL. ACI-CRC Final Report. 2008.

En general, el comportamiento esfuerzo-deformación del material que conforma las bases, como las estabilizadas con cemento, es no lineal y dependiente del esfuerzo. Sin embargo, para muchos materiales y niveles de estabilización, y dentro de rangos limitados, se puede asumir que el material es linealmente elástico bajo carga repetida. Las deformaciones resilientes y/o elásticas son de recuperación instantánea, por el contrario, se denominan plásticas aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora.

En el caso de las Bases Estabilizadas con Cemento (BEC), los valores de módulos de elasticidad son muy variables, dependen principalmente del tipo de material y contenido de cemento en la mezcla, lo cual está en función de los requerimientos de resistencia a la compresión establecida en el diseño y de cumplimiento en la construcción. En general estos valores de módulos son bajos comparados con valores de concreto y muy altos si son comparados con el suelo natural compactado.

Según el Instituto Salvadoreño del Cemento y Concreto (ISCYC), los valores típicos a 28 días de módulo de elasticidad en este tipo de mezclas elaboradas con suelos granulares varían de 40,000 a 71,000 Kg/cm². La Portland Cement Association (PCA) y la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) sugieren valores entre 35,000 Kg/cm² y 148,000 Kg/cm² a 28 días para la mayoría de las mezclas. Felt y Abrahams² dan valores comprendidos entre 56,000 kg/cm² a 154,000 Kg/cm². En Francia es común utilizar valores que oscilan entre 40,000 y 180,000 Kg/cm². El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA) propone valores de 61,183 kg/cm² a 101,972 kg/cm².

² De la Fuente Lavalle, Eduardo. "Suelo Cemento. Usos, Propiedades y Aplicaciones". IMCYC, 1995, pág. 36.

2.4.1 ENSAYOS PARA DETERMINAR DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO (BEC).

En la Ingeniería de Pavimentos existen diferentes ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad, tanto en laboratorio como en campo y están en función de los equipos disponibles, tipo de materiales, aplicación (diseño, control de calidad, desempeño, investigación), el tipo de proyecto, la precisión requerida y las limitaciones económicas. En nuestro medio para las bases estabilizadas con cemento, los más utilizados son los ensayos destructivos a través de pruebas de laboratorio que se realizan a probetas de materiales preparadas bajo condiciones controladas u obtenidas por extracción en el sitio (núcleos). Las probetas son sometidas a carga axial hasta la falla y a partir de la curva esfuerzo deformación obtenida, se calcula el módulo de elasticidad que corresponde a la porción lineal de la curva. Aplica para materiales frágiles que no pueden ser sometidos a tracción.

Adicionalmente se cuenta con información de ensayos no destructivos de medición en el sitio, aplicando una carga a la superficie del pavimento y midiendo las deflexiones obtenidas a diferentes distancias del punto de aplicación de la carga, sin embargo, no se ha utilizado con este fin.

2.4.2 COMPARACION DE LOS ENSAYOS DE MEDICION DEL MODULO DE ELASTICIDAD EN BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO (BEC).

La elección de utilizar un ensayo destructivo o un no destructivo para determinar el módulo de elasticidad, para el caso de las Bases Estabilizadas con Cemento,

depende en gran medida de la naturaleza del proyecto, la disponibilidad de muestreo, la precisión requerida y las limitaciones económicas.

2.4.2.1 ENSAYOS DESTRUCTIVOS.

La prueba normada para la determinación de este módulo en laboratorio corresponde al “Método de Ensayo para la Resistencia a la Compresión No Confinada de Suelo Cohesivo (ASTMD 2166-06)” aplicable a suelos cementados, cuyo resultado nos permiten determinar el módulo elástico de las bases estabilizadas con cemento.

El ensayo se realiza aplicando una carga axial en condiciones controladas a muestras cilíndricas intactas sin perturbar (extraídas del sitio) o muestras preparadas en laboratorio con la humedad, contenido de cemento y densidad prescritas por el objeto del estudio. En este método de ensayo la resistencia a la compresión se considera como la carga máxima alcanzada por área unitaria o la carga por área unitaria al 15% de deformación axial, cualquiera que se alcance primero.



Figura 7: Máquina para compresión sin confinar, digital. Fuente: Catalogo Pinzcuar.

Al aplicar este tipo de ensayos destructivos para determinar el Módulo de Elasticidad es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- En general permiten obtener resultados más precisos y confiables, producto de las condiciones controladas en laboratorio.
- Los equipos para su realización son menos costosos, facilitando su disponibilidad.
- Se requiere preparar o extraer muestras que son ensayadas a la falla, lo cual es más lento y no se garantiza obtener muestras representativas de todos los materiales, produciendo daños, especialmente cuando se trata de estructuras de pavimento existentes.

- Estos ensayos son más lentos producto de la preparación y/o obtención de las muestras.

Adicional a lo anterior existen correlaciones que permiten a partir de la compresión sin confinar obtener el módulo de elasticidad de este tipo de materiales, algunas de las cuales se presentan a continuación:

- a) En el estudio realizado por M.R. Thompson para la Universidad de Illinois, respaldado por el Departamento de Transporte (DOT) de ese estado y la Federal Highway Administration (FHWA), denominado “Mechanistic Design Concepts for Stabilized Base Pavements” se propone la ecuación siguiente:
$$E = 57,500 (q_u)^{0.5}$$
 en donde E es el Módulo de Elasticidad en psi y q_u es la Resistencia a la Compresión sin Confinar en psi. (Ecuación 1)
- b) Formula contenida en el Suplemento a la Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento Parte II – Rigid Pavemet Design and Rigid Pavement Joint Design, en la Tabla 1.
$$E = (500 + q_u) 1000$$
 en donde E en psi y q_u en psi. (Ecuación 2)

Tabla 1: Modulo de elasticidad y coeficiente de fricción para diferentes tipos de base. Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento.

Base Type or Interface Treatment	Modulus of Elasticity (psi)	Peak Friction Coefficient		
		low	mean	high
Fine-grained soil	3,000 - 40,000	0.5	1.3	2.0
Sand	10,000 - 25,000	0.5	0.8	1.0
Aggregate	15,000 - 45,000	0.7	1.4	2.0
Polyethylene sheeting	NA	0.5	0.6	1.0
Lime-stabilized clay	20,000 - 70,000	3.0	NA	5.3
Cement-treated gravel	(500 + CS) * 1000	8.0	34	63
Asphalt-treated gravel	300,000 - 600,000	3.7	5.8	10
Lean concrete without curing compound	(500 + CS) * 1000	> 36		
Lean concrete with single or double wax curing compound	(500 + CS) * 1000	3.5		4.5

Notes: CS = compressive strength, psi
Low, mean, and high measured peak coefficients of friction summarized from various references are shown above.

2.4.2.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.

Los ensayos no destructivos, son aquellos grupos de técnicas, procedimientos y ensayos que se han venido desarrollando durante las últimas décadas para la investigación de tipo no invasiva, tanto en ingeniería como en medicina, geociencia y física. En ingeniería de pavimentos, constituyen actualmente una herramienta de análisis y conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los materiales sin tener que destruirlos como se hace tradicionalmente.

En nuestro medio el ensayo no destructivo cada vez más utilizado es el que está de acuerdo con las normas: **ASTM D4694-09(2020)** Standard Test Method for Deflections with a Falling Weight Type Impulse Load Device; LTPP Manual for Falling Weight Deflectometer Measurement: Operational Field Guidelines,

utilizando un dispositivo diseñado para simular la deflexión de una superficie de pavimento causada por un camión en movimiento rápido al generar un pulso de carga al dejar caer un peso que se transmite al pavimento a través de una placa de carga circular de 300 milímetros (mm) de diámetro.



Figura 8: Deflectómetro de impacto (FWD). Fuente: Modulus 7.0

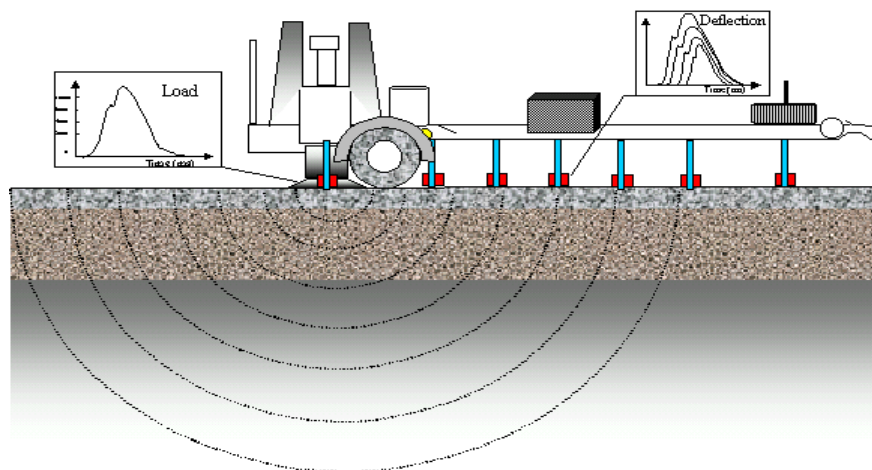


Figura 9: Como trabaja el Deflectómetro de impacto (FWD). Fuente: Modulus 7.0

El pulso de carga generado por el FWD deforma momentáneamente el pavimento debajo de la placa de carga en forma de plato o cuenco.



Figura 10: Placa de carga en forma de plato de FWD. Fuente: Technology and Management Limited (TNM).

Visualizada desde una vista lateral, la forma de la superficie deformada del pavimento es un cuenco de deflexión.

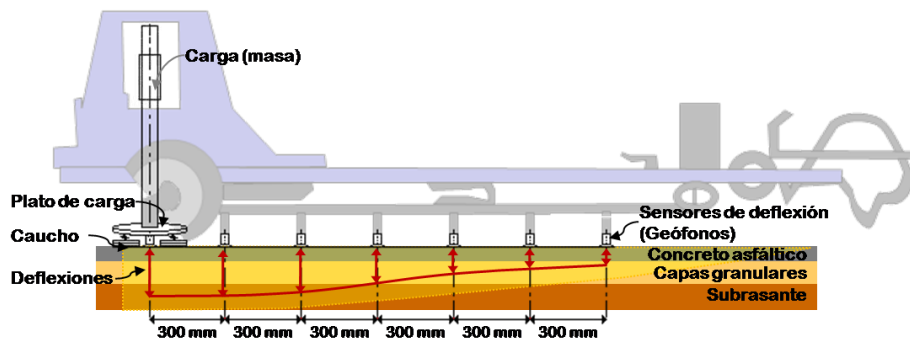


Figura 11: Cuenco de deflexiones. Fuente: Technology and Management Limited (TNM).

Un FWD tiene dos tipos de dispositivos de medición primarios. El primero es una celda de carga, ubicada directamente encima de la placa de carga, y mide la fuerza impartida al pavimento. El segundo es un sensor de deflexión, también conocido como "deflector". Los FWD generalmente tienen siete sensores de deflexión colocados a distancias fijas de la placa de carga para medir la forma del cuenco de deflexión.

En función de la fuerza impartida al pavimento y la forma del cuenco de deflexión, es posible estimar la rigidez del pavimento utilizando varios métodos numéricos computacionales. Si también se conoce el espesor de las capas individuales, también se puede calcular la rigidez de esas capas.

Es decir que a través de retro cálculo (proceso matemático) las medidas de deflexiones tomadas en campo por un equipo deflectométrico son transformadas a módulos elásticos de la estructura evaluada.

Existen dos métodos de análisis, los primeros como el formulado por AASHTO, que consiste en la determinación de un módulo equivalente para toda la estructura de pavimento y otros que permiten la determinación de cada uno de los módulos de las capas que componen la estructura de pavimento, como el propuesto por TEXAS TRANSPORTATION INSTITUTE (TTI).

Sobre la base del objetivo de este trabajo de graduación métodos como el AASHTO no es de interés, porque el módulo obtenido es de todo el paquete estructural, por esa razón en este estudio se realizarán los análisis aplicando el método que permita determinar los módulos de las capas de la estructura del pavimento modelada, de una manera similar a la que representa la siguiente figura:

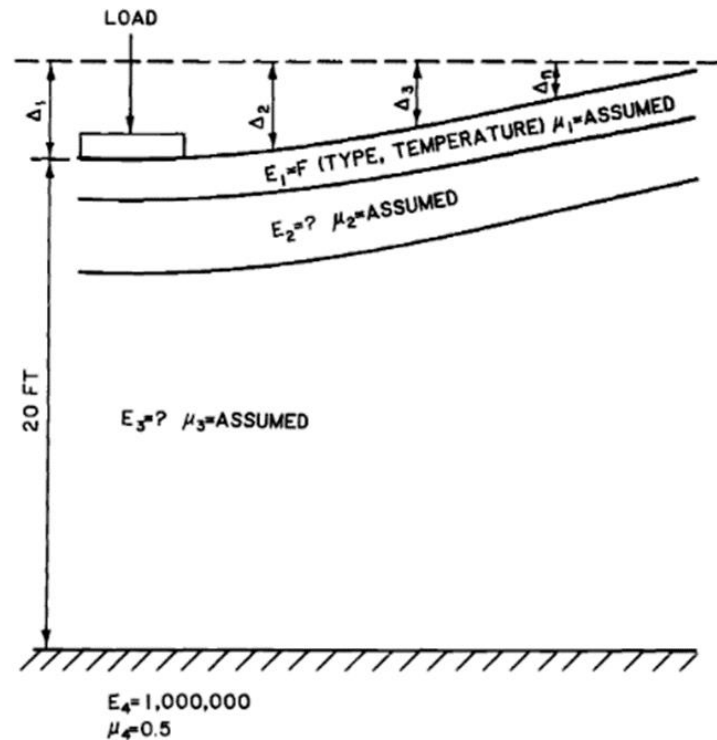


Figura 12: Ilustración del modelaje de multicapa elástica en el retro cálculo de pavimentos. Fuente: *Nondestructive testing of pavements*.

Esta modelación y análisis de multicapa elástica, es el fundamento para realizar retro cálculo, cuyo proceso completo se resume en los siguientes pasos:

- **Recopilación de Datos:** Se obtienen datos de deflexión mediante ensayos de deflectometría de impacto (FWD, por sus siglas en inglés). Estos datos son esenciales para el análisis.
- **Modelación Multicapa Elástica:** Se utiliza un modelo de capas elásticas para representar la estructura del pavimento. Cada capa tiene propiedades específicas como módulo de elasticidad y espesor.
- **Retro cálculo:** A partir de los datos de deflexión, por iteración se ajustan los parámetros del modelo (módulos de elasticidad de las capas) para que las deflexiones calculadas coincidan con las medidas. Esto permite determinar las propiedades mecánicas de las capas del pavimento.

Para poder optimizar el módulo que genere una deflexión lo más cercana posible a la medida en campo, se han diseñado programas de computación que parten de un módulo semilla o base y se les establecen límites de acuerdo con información existente referencial de los materiales investigados. Este ajuste iterativo de los módulos de elasticidad de las capas del pavimento se realiza hasta que las deflexiones calculadas por el modelo coincidan con las deflexiones medidas en el campo, tal como se aprecia en forma simplificada en la figura siguiente:

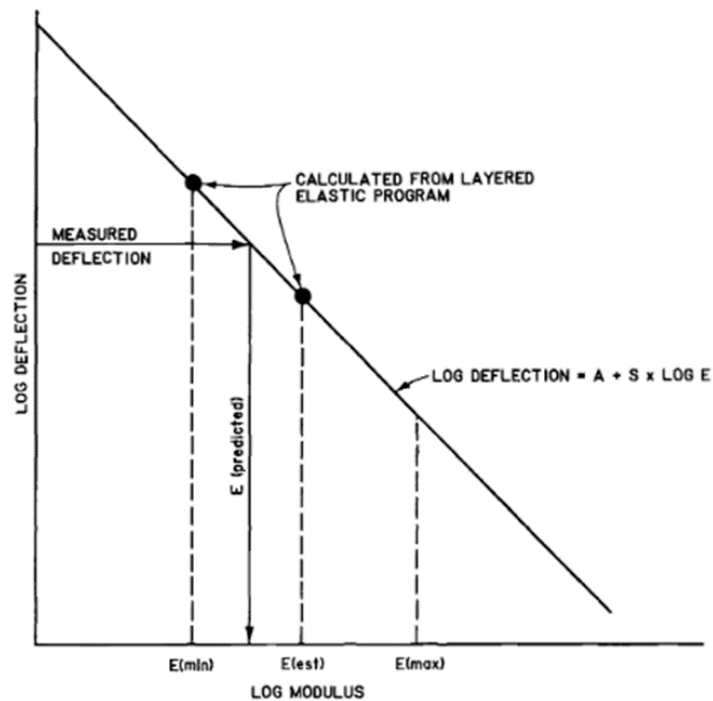


Figura 13: Descripción simplificada de como la deflexión es optimizada por los programas de computadora. Fuente: Nondestructive testing of pavements.

En la figura siguiente se aprecian resultados obtenidos con este tipo de programas:

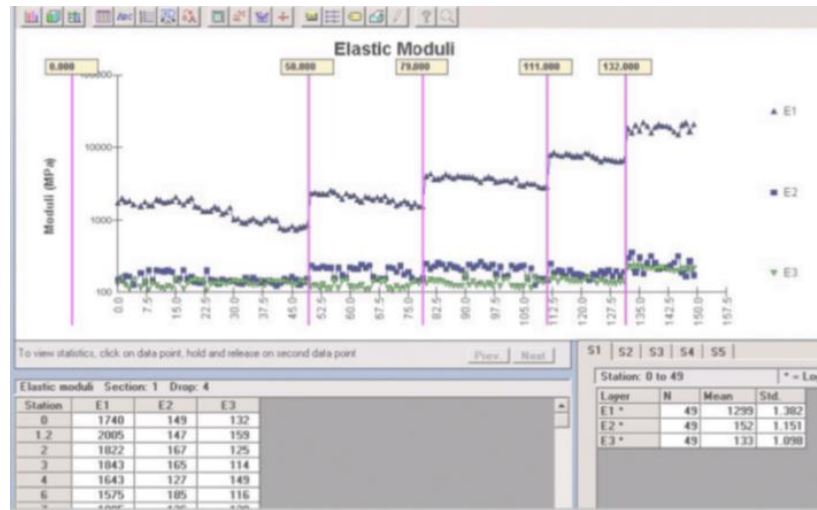


Figura 14: Determinación de módulo de elasticidad mediante Software especializado. Fuente: Dynatest.

En este trabajo para determinar el Módulo de Elasticidad de las Bases Estabilizadas con Cemento a través de retro cálculo basado en los datos de deflectometría (FWD), se ha utilizado el programa MODULUS 7.0, en uso en el Departamento de Transporte de Texas (TxDOT) y fue este departamento, específicamente la Pavement Analysis and Design Maintenance Division, quien nos lo facilitó. Ha estado en uso desde principios de la década de 1990 para realizar evaluación de los pavimentos y proporcionar valores de módulos de capa para el diseño estructural.

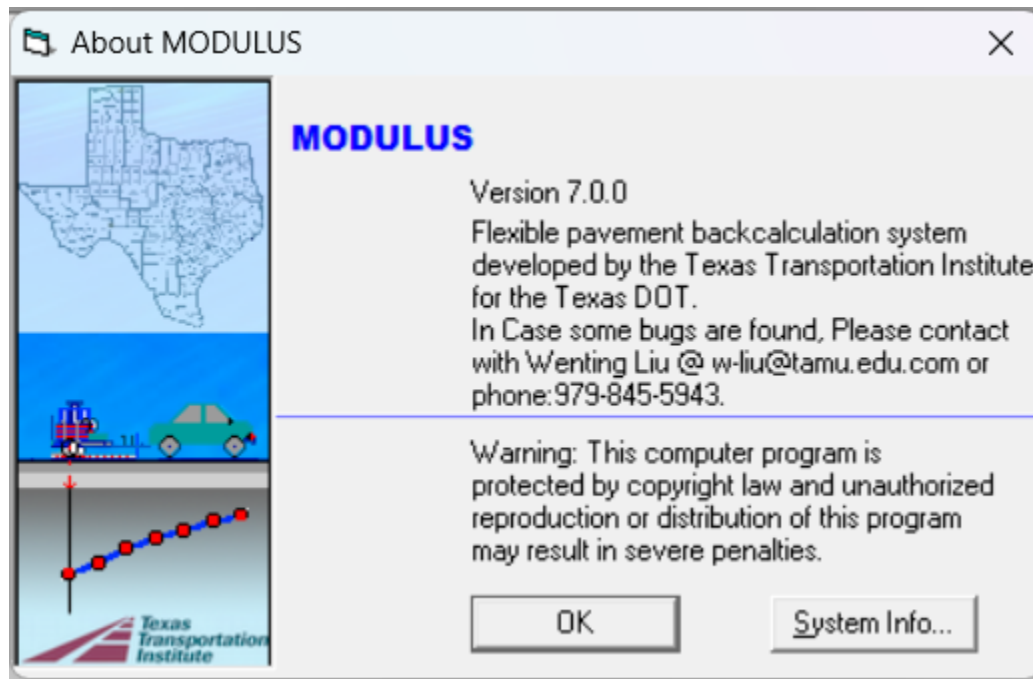


Figura 15: Software Modulus 7.0.

Este programa analiza el archivo de deflexión sin procesar, con los espesores de las capas de pavimento, las relaciones de Poisson de las capas, los rangos probables de los módulos de las capas y las temperaturas del asfalto en el momento de las pruebas, esta información son las entradas necesarias para realizar el retro cálculo. El proceso de retro cálculo funciona bajo el supuesto de que la estructura del pavimento se puede modelar como un sistema estratificado lineal-elástico. Si se conocen los parámetros de espesor de capa, deflexión y relación de Poisson, se puede aproximar el módulo. Un rango de módulos de capa "probables" proporcionados por el usuario del programa facilita el proceso al formar una pequeña base de datos interna contra la cual los cuencos de deflexión generados matemáticamente se comparan con el cuenco de deflexión real medido. Una vez que se logra una coincidencia razonable, estos son los módulos de capa individuales.

Utilizar este tipo de ensayos No Destructivos, tiene sus ventajas y sus desventajas, las cuales se describen a continuación:

- No se dañan materiales ni estructuras de pavimento existentes, ya que permiten evaluar las propiedades del material sin alteraciones a su integridad estructural.
- Suelen ser más rápidos y fáciles de implementar con alto rendimiento.
- Pueden ser menos precisos, especialmente en materiales heterogéneos.
- Requieren equipos especializados y personal capacitado.
- La interpretación de resultados es más compleja y requieren modelos numéricos.

2.4.3 APLICABILIDAD DE LOS ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS.

La aplicación de cada tipo de ensayo depende de lo siguiente:

Ensayos Destructivos

- Cuando se requiere una alta precisión con disponibilidad de suficiente material y muestras para realizar ensayos.
- Para calibración de equipos y modelos numéricos.
- En fases iniciales de diseño para caracterizar materiales.

Ensayos No Destructivos

- Para evaluar estructuras de pavimento sin dañarlas.
- Para evaluación continua de condición y desempeño.

En conclusión, la aplicabilidad del tipo de ensayo adecuado depende de un análisis detallado de las condiciones particulares producto de los objetivos del estudio, las limitaciones presupuestarias y las características de los materiales, es por esa razón que se recomienda combinar ambos tipos de ensayos para obtener una evaluación más completa y confiable del módulo de elasticidad.

CAPITULO III
ENSAYOS
DESTRUCTIVOS
REALIZADOS

3.1 ENSAYOS DESTRUCTIVOS REALIZADOS.

Para la determinación en laboratorio del Módulo de Elasticidad de Bases Estabilizadas con Cemento, se realizó la prueba **Método de Ensayo para la Resistencia a la Compresión No Confinada de Suelo Cohesivo (ASTM D 2166-06)** aplicable a suelos cementados.

Se utilizaron materiales muestreados en tres fuentes diferentes, a los que se les aplicaron tres porcentajes de cemento diferentes y fueron ensayados a la ruptura a los tres y a los siete días.

La variación en los porcentajes de cemento y días de ensayo tuvo la intención marginal de identificar la sensibilidad de estos parámetros, tanto para la optimización del uso del cemento, como para la incidencia del tiempo en la potencial habilitación al tráfico y posteriores actividades constructivas.

3.2 FUENTES Y CLASE DE MATERIALES UTILIZADOS.

Las fuentes de los materiales utilizados para la preparación de las muestras provinieron de las Canteras y del Banco de Materiales en funcionamiento que junto con sus propiedades se describen a continuación:

- Cantera ECON, ubicado Libertad, a la altura del Km 35.2 sobre la carretera CA02E tritura agregados para mezcla asfáltica, concreto hidráulico, piedra para mampostería y por pedido especial produce también base triturada y subbase.



Figura 16: Ubicación y tipo de materiales de La Cantera-Grupo ECON. Fuente: LEG, S.A. de C.V.

- Cantera CORTEN, ubicado en la Libertad a la altura del km 30 sobre la carretera CA07S (hacia el Puerto La Libertad) posee material selecto y agregados.

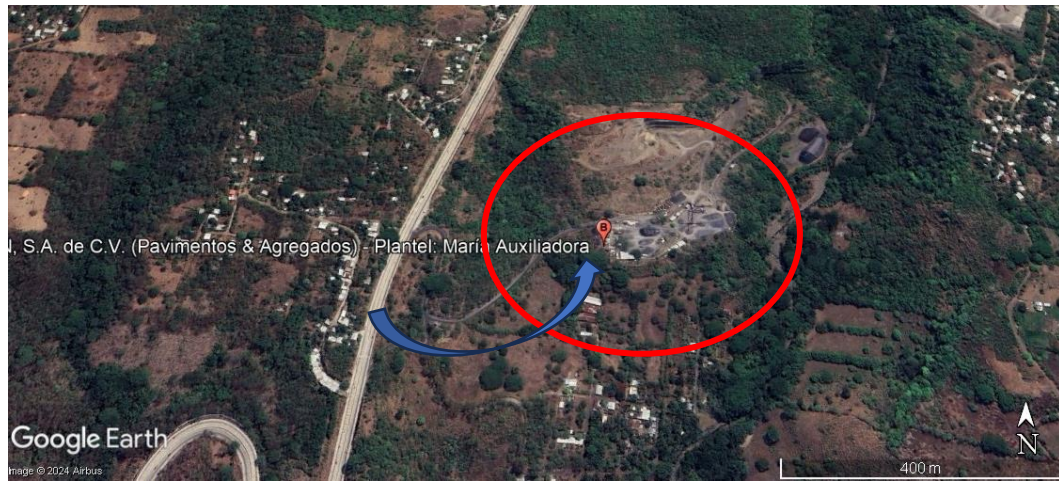


Figura 17: Ubicación y tipo de materiales de Plantel María Auxiliadora-CORTEN. Fuente: LEG, S.A. de C.V.

- Banco Dulce María – Armenia, ubicado en Armenia a la altura del Km 42 de la carretera CA8W, en explotación únicamente para material selecto.

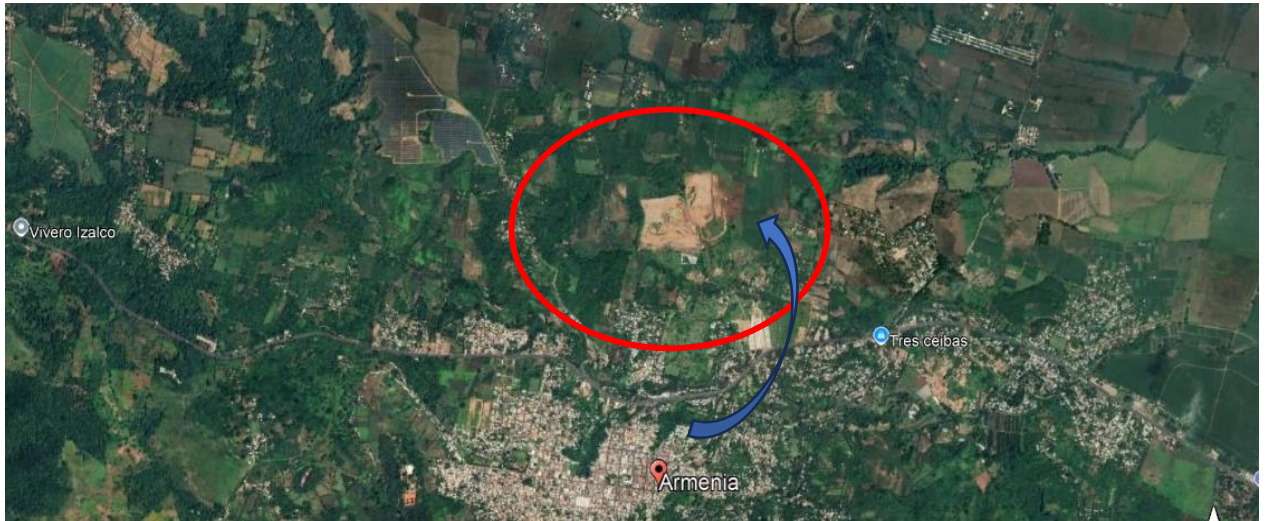


Figura 18: Ubicación y tipo de materiales de Plantel Dulce María, Armenia. Fuente: LEG, S.A. de C.V.

Un aspecto importante a tomar en cuenta sobre las características de estos materiales (ver tabla 2) es que los materiales gruesos de las canteras ECON y CORTEN son producto de trituración y el material fino de Dulce María es un Banco a Cielo Abierto con características muy particulares por su origen piroclástico que le hace amigable con la cementación.

Tabla 2: Propiedades de los agregados. Fuente: Elaboración propia.

CANTERA	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS						CLASIFICACION
	TIPO DE AGREGADO	PVSM (kg/m ³)	% HUMEDAD OPTIMA	RETENIDO No.4	PASANTE 200	IP	
Cantera CORTEN	Grueso	2089	7.3	24	21	4	A-1-b
Cantera ECON	Grueso	2040	6.6	47	10	NP	A-1-a
Banco de Préstamo Dulce María	Fino	1568	13.6	10	31	NP	A-2-4

3.3 PREPARACION DE LAS MUESTRAS.

Para clasificar y conocer las características de los materiales provenientes de los bancos y preparar las muestras con los diferentes contenidos de cemento, en el Laboratorio de LEG S.A. de C.V., se realizaron los ensayos siguientes:

- Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería, AASHTO M 145 Y ASTM D 2487.
- Ensayo granulométrico por lavado, AASHTO T-11.
- Límites de Atterberg, AASHTO T89 Y T90.
- Ensayo relación densidad – humedad, AASHTO T 180

Posteriormente en función de sus características, especialmente sus porcentajes de finos, las muestras fueron preparadas para el ensayo de Compresión sin Confinar, mezclando los materiales con los diferentes contenidos de cemento Norma ASTM C1157 Tipo GU y compactadas según el detalle siguiente:

- Con los materiales de las Cantera ECON y CORTEN, mezclados con cemento al 3 y 4%, se prepararon las muestras, compactándolas a la vez según el ensayo de Densidad-Humedad AASHTO T-180.
- Material de Banco Dulce María, se mezcló con 4 y 5% de cemento, se prepararon las muestras, compactándolas a la vez según el ensayo de Densidad-Humedad AASHTO T-180.

Tabla 3: Propiedades de las mezclas de materiales. Fuente: Elaboración propia.

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS DE MATERIALES			
CANTERA	% CEMENTO	PVSM (kg(m3))	% HUMEDAD OPTIMA
Cantera CORTEN	3	1994	6.2
	4	1974	6.6
Cantera ECON	3	2040	6.1
	4	2036	6.2
Banco de Préstamo Dulce María	4	1550	9.5
	5	1401	7.9

El detalle de los resultados de estos ensayos está contenido en el Anexo No.1.

3.4 DETERMINACION DE MODULOS DE ELASTICIDAD.

Las muestras elaboradas en laboratorio LEG, S.A. de C.V. acorde a la norma AASHTO T180 método "C", se trasladaron al laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V. en donde se realizó el ensayo, según se detalla en procedimiento establecido la norma ASTM D2166, aplicando la carga para producir una deformación axial a un coeficiente de $\frac{1}{2}$ a 2 % por minuto, registrando los valores de carga, deformación y tiempo a intervalos definiendo la curva esfuerzo-deformación, a una razón de deformación que no excediera 15 minutos, cargando hasta que los valores de carga disminuyeron con el incremento de la deformación o hasta alcanzar un 15 % de deformación.



Figura 19: Ensayo de Compresión sin confinar en TPLAB. Fuente: TPLAB, S.A. de C.V.

En resumen, los resultados obtenidos, cuyo detalle y respaldo se encuentran contenidos en el Anexo 2, son los siguientes:

Tabla 4: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 3% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.

CANTERA O BANCO DE PRESTAMO	TIPO CEMENTO	PORCENTAJE DE CEMENTO	BRIQUETA N°	FECHA ELABORACION	FECHA RUPTURA	EDAD, DIAS	Qu, Kgf/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD, Kgf/cm ²
Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA04S) hacia el Puerto La Libertad	NOVACEM ASTM C1157 GU	3.0	1	15-may.-2024	18-may.-2024	3	21.61	99,206.30
		3.0	2	15-may.-2024	18-may.-2024	3	21.08	93,877.60
		3.0	3	15-may.-2024	18-may.-2024	3	14.61	69,523.80
		3.0	4	20-may.-2024	27-may.-2024	7	50.71	154,450.30
		3.0	5	20-may.-2024	27-may.-2024	7	48.98	157,142.90
		3.0	6	20-may.-2024	27-may.-2024	7	50.74	160,122.70
Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)	NOVACEM ASTM C1157 GU	3.0	1	18-may.-2024	21-may.-2024	3	31.02	152,671.80
		3.0	2	18-may.-2024	21-may.-2024	3	25.79	127,490.00
		3.0	3	18-may.-2024	21-may.-2024	3	34.61	134,641.40
		3.0	4	18-may.-2024	25-may.-2024	7	43.94	160,000.00
		3.0	5	18-may.-2024	25-may.-2024	7	35.72	135,185.20
		3.0	6	18-may.-2024	25-may.-2024	7	41.97	157,936.50

	Ensayos a 3 días
	Ensayos a 7 días

Tabla 5: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 4% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.

CANTERA O BANCO DE PRESTAMO	TIPO CEMENTO	PORCENTAJE DE CEMENTO	BRIQUETA N°	FECHA ELABORACION	FECHA RUPTURA	EDAD, DIAS	Qu, Kg/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD, Kg/cm ²
Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturo (Carretera CA04S) hacia el Puerto La Libertad	NOVACEM ASTM C1157 GU	4.0	1	18-may.-2024	21-may.-2024	3	35.46	125,000.00
		4.0	2	18-may.-2024	21-may.-2024	3	27.76	135,177.90
		4.0	3	18-may.-2024	21-may.-2024	3	41.40	150,253.20
		4.0	4	18-may.-2024	25-may.-2024	7	51.86	162,307.70
		4.0	5	18-may.-2024	25-may.-2024	7	51.49	180,468.80
		4.0	6	18-may.-2024	25-may.-2024	7	50.61	166,019.40
Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)	NOVACEM ASTM C1157 GU	4.0	1	18-may.-2024	21-may.-2024	3	39.11	138,360.70
		4.0	2	18-may.-2024	21-may.-2024	3	42.08	147,328.20
		4.0	3	18-may.-2024	21-may.-2024	3	32.80	111,797.80
		4.0	4	18-may.-2024	25-may.-2024	7	47.56	149,360.60
		4.0	5	18-may.-2024	25-may.-2024	7	51.91	161,780.10
		4.0	6	18-may.-2024	25-may.-2024	7	49.11	156,020.90
Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)	NOVACEM ASTM C1157 GU	4.0	1	20-may.-2024	23-may.-2024	3	26.99	95,200.00
		4.0	2	20-may.-2024	23-may.-2024	3	31.76	117,647.10
		4.0	3	20-may.-2024	23-may.-2024	3	29.16	114,166.70
		4.0	4	20-may.-2024	27-may.-2024	7	31.03	133,750.00
		4.0	5	20-may.-2024	27-may.-2024	7	32.66	122,352.90
		4.0	6	20-may.-2024	27-may.-2024	7	39.5	135,338.30

	Ensayos a 3 días
	Ensayos a 7 días

Tabla 6: Resumen de resultados de pruebas de especímenes de mezcla de Base de Agregados con Cemento, 5% de cemento. Fuente: Elaboración Propia.

CANTERA O BANCO DE PRESTAMO	TIPO CEMENTO	PORCENTAJE DE CEMENTO	BRIQUETA N°	FECHA ELABORACION	FECHA RUPTURA	EDAD, DIAS	Qu, Kgf/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD, Kgf/cm ²
Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)	NOVACEM ASTM C1157 GU	5.0	1	20-may.-2024	23-may.-2024	3	27.49	118,897.60
		5.0	2	20-may.-2024	23-may.-2024	3	28.11	117,880.80
		5.0	3	20-may.-2024	23-may.-2024	3	31.40	114,189.20
		5.0	4	20-may.-2024	27-may.-2024	7	34.09	143,373.50
		5.0	5	20-may.-2024	27-may.-2024	7	35.05	139,795.90
		5.0	6	20-may.-2024	27-may.-2024	7	39.14	147,368.40

	Ensayos a 3 días
	Ensayos a 7 días

CAPITULO IV

ENSAYOS NO

DESTRUCTIVOS

4.1 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los Ensayos No Destructivos fueron realizados por el MOP en su oportunidad, como parte de la Actualización del Sistema de Gestión Vial y por medio de las gestiones respectivas, se nos proporcionó información de Mediciones Deflectométricas de proyectos cuya estructura de pavimento contiene bases estabilizadas con cemento. Esta información la analizamos, de tal manera que pudiéramos tener la relativa certeza de su validez en función de lo siguiente:

- Veracidad de la existencia del tipo de base en cuestión, a través de consultas verbales o contrastadas con estudios anteriores.
- Razonabilidad de espesores, tomando en consideración las experiencias de diseño y las prácticas constructivos locales.
- Consistencia de deformaciones, las cuales deberían ser coherentes con el tipo de material modelado, descartando los datos que generaran datos incoherentes.

Se realizó una investigación sobre las vías que cumplieran dos condiciones:

- Construidas con bases estabilizadas con cemento.
- Existencia de deflectometría de la vía.

A partir de estas limitantes, se obtuvo información por parte del MOP de las rutas siguientes:

- Carretera CA02E: tramo Desvió Aeropuerto de El Salvador – Desvió La Herradura.
- CA08W: tramo Lourdes-Ateos.
- CA02E: tramo Usuluán – El Delirio.
- CA01W: tramo Km 35- El Portezuelo.

4.2 CALCULO DEL MODULO POR RETRO CALCULO

Después de analizar la información recibida, se pudo observar que la ruta la CA01W: tramo Km35 - El Portezuelo, era la única que presentaba información consistente con una estructura de pavimento con base estabilizada con cemento, las otras rutas tenían reportadas espesores de base muy superiores a los utilizadas en nuestro medio (35 cm en la CA08W y 45 cm CA02).

Por lo anterior únicamente utilizamos para someter a retro cálculo la base estabilizada con cemento de la CA01W: tramo Km 36+100 – 38+100.

4.2.1 CARRETERA CA01W, TRAMO KM 35+00 - EL PORTEZUELO.

La estructura de pavimento de esta vía de acuerdo con la información proporcionada por el Ministerio de Obras Publicas forma parte de un proyecto puesto en servicio en 1977 y está compuesta por una capa de rodadura de Concreto Asfáltico con un espesor de 10 cms sobre una base estabilizada con cemento de 20 cms de espesor, que se construyó con material procedente del sitio, consistente en un A-2-4 o un A-4, según clasificación de la Highway Research Board (HRB), mezclado con 9% de Cemento Portland Tipo I.

A continuación, se presenta la deflectometría realizada en el año 2015, proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas, del tramo a modelar:

Tabla 7: Deflexiones carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100, con base de suelo cemento, año 2015. Fuente: MOP.

			Espesor	Espesor			D0	D20	D30	D45	D60	D90	D120	Taire	Tpav
Ruta	KmInicio	KmFinal	Asphalt	BSC	Pavimento	Carga (Lbs)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°C	°C
CA01W	36.100	36.350	0.10	0.20	Asfalto	527.687	280	204	189	165	145	109	82	33	54
CA01W	36.350	36.600	0.10	0.20	Asfalto	526.272	558	431	369	280	212	126	75	32	54
CA01W	36.600	36.850	0.10	0.20	Asfalto	523.443	471	372	320	256	204	132	88	33	54
CA01W	36.850	37.100	0.10	0.20	Asfalto	531.931	132	88	75	57	43	25	15	33	54
CA01W	37.100	37.350	0.10	0.20	Asfalto	533.346	325	260	231	187	156	112	81	33	50
CA01W	37.350	37.600	0.10	0.20	Asfalto	527.687	389	312	280	235	195	135	92	34	53
CA01W	37.600	37.850	0.10	0.20	Asfalto	530.516	284	214	196	170	147	113	89	34	54
CA01W	37.850	38.100	0.10	0.20	Asfalto	529.102	410	347	316	264	218	146	95	33	54
CA01W	38.100	38.350	0.10	0.20	Asfalto	526.272	274	227	206	172	144	103	73	34	54

Esta deflectometría constituyo el dato de entrada para el software MODULUS 7.0, de la siguiente manera:

Tabla 8: Deflexiones interpretadas por MODULUS 7.0, carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100. Fuente: MODULUS 7.0

TESTED DATE : 150324 NUMBER OF SENSORS: 7 NUMBER OF STATION : 9																	
START TIME : 21:0 PLATE RADIUS : 5.91 FWD OPERATOR : Chinese																	
END TIME : 21:0																	
SENSOR SPACING : 0.0 11.8 23.6 35.4 47.2 59.1 70.9 PVMT AIR																	
SURF	TEST	No	STATION	LNE	Latitude	Longitude	LOAD	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	TEMP	TEMP	
TEMP	TIME																
					COMMENTS												
1	36.100						8390	11.02	8.03	7.44	6.50	5.71	4.29	3.23	129	91	129
21:0																	
2	36.350						8359	21.97	16.97	14.53	11.02	8.35	4.96	2.95	129	90	129
21:0																	
3	36.600						8318	18.54	14.65	12.60	10.08	8.03	5.20	3.46	129	91	129
21:0																	
4	36.850						8453	5.20	3.46	2.95	2.24	1.69	0.98	0.59	129	91	129
21:0																	
5	37.100						8476	12.80	10.24	9.09	7.36	6.14	4.41	3.19	122	91	122
21:0																	
6	37.350						8385	15.31	12.28	11.02	9.25	7.68	5.31	3.62	127	93	127
21:0																	
7	37.600						8430	11.18	8.43	7.72	6.69	5.79	4.45	3.50	129	93	129
21:0																	
8	37.850						8408	16.14	13.66	12.44	10.39	8.58	5.75	3.74	129	91	129
21:0																	
9	38.100						8363	10.79	8.94	8.11	6.77	5.67	4.06	2.87	129	93	129
21:0																	

Una vez verificado que la interpretación de la información por MODULUS 7.0 haya sido adecuada, se realizó el análisis con nueve puntos, por el hecho que la versión del software proporcionada, con una mayor cantidad de datos genera error:

Tabla 9: Deflexiones analizadas por MODULUS 7.0, carretera CA01W, Tramo Km 36+100 a 38+100. Fuente: MODULUS 7.0

No	STATION	LOAD	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	PVMT	AIR	SURF	TIME	DTB	Comment
1	36.100	8390	11.0	8.0	7.4	6.5	5.7	4.3	3.2	129	91	129	21:0	0	
2	36.350	8359	22.0	17.0	14.5	11.0	8.3	5.0	3.0	129	90	129	21:0	0	
3	36.600	8318	18.5	14.6	12.6	10.1	8.0	5.2	3.5	129	91	129	21:0	0	
4	36.850	8453	5.2	3.5	3.0	2.2	1.7	1.0	0.6	129	91	129	21:0	0	
5	37.100	8476	12.8	10.2	9.1	7.4	6.1	4.4	3.2	122	91	122	21:0	0	
6	37.350	8385	15.3	12.3	11.0	9.3	7.7	5.3	3.6	127	93	127	21:0	0	
7	37.600	8430	11.2	8.4	7.7	6.7	5.8	4.4	3.5	129	93	129	21:0	0	
8	37.850	8408	16.1	13.7	12.4	10.4	8.6	5.7	3.7	129	91	129	21:0	0	
9	38.100	8363	10.8	8.9	8.1	6.8	5.7	4.1	2.9	129	93	129	21:0	0	

Con lo anterior se procedió a introducir y procesar la información de la estructura de pavimento para el análisis de retro cálculo:

Distance to plate: 1 (0.0), 2 (11.8), 3 (23.6), 4 (35.4), 5 (47.2), 6 (59.1), 7 (70.9)

Layer: Two, Three, Four

Semi-Infinite

Thickness (in):

- Surface: 4.00, Asphalt Temp. 128
- Base: 8.00, Cement Treated Base
- Subgrade: Other Material

MODULI RANGE (ksi):

Minimum	Maximum	Poisson's Ratio
50.0	300.0	0.35
100.0	2000.0	0.25

Most Probable Value: 15.0, 0.40

Set as default value

Buttons: Exit, Run

Figura 20: Estructura de pavimento existente a retro calcular en MODULUS 7.0 B. Fuente: MODULUS 7.

Tabla 10: Resultados de retro cálculo Carretera CA01W, Tramo Km 35+000 Portezuelo. Fuente: MODULUS 7.0.

TTI MODULUS ANALYSIS SYSTEM (SUMMARY REPORT)																
District	0								Modulus Range (psi)							
County	0								Thickness (in)	Minimum	Maximum	Poisson Ratio				
Highway/Road									Pavement:	4.00	50.00	300.00	0.35			
									Base:	8.00	100.00	2000.00	0.25			
									Subbase:	0.00	0.00	0.00	0.00			
									Subgrade:	Semi-Infinite	15.00			0.40		
	Load	Measured Deflection (mils):											Absolute	Depth to		
Station	(lbs)	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	SURF(E1)	BASE(E2)	SUBB(E3)	SUBG(E4)	Err/Sens	Rock	Limit	
36.10	8391	11.02	8.03	7.44	6.50	5.71	4.29	3.23	155.4	2000.0	0.0	9.8	3.95	300.0	*	
36.35	8359	21.97	16.97	14.53	11.02	8.35	4.96	2.95	109.1	247.4	0.0	6.8	8.06	122.7		
36.60	8318	18.54	14.65	12.60	10.08	8.03	5.20	3.46	145.7	403.0	0.0	7.1	5.59	151.0		
36.85	8453	5.20	3.46	2.95	2.24	1.69	0.98	0.59	250.2	1381.0	0.0	35.0	8.17	118.7		
37.10	8476	12.80	10.24	9.09	7.36	6.14	4.41	3.19	180.0	1044.1	0.0	9.1	3.32	248.2		
37.35	8386	15.31	12.28	11.02	9.25	7.68	5.31	3.62	164.4	888.1	0.0	7.3	4.54	195.9		
37.60	8431	11.18	8.43	7.72	6.69	5.79	4.45	3.50	155.2	2000.0	0.0	9.5	2.91	300.0	*	
37.85	8408	16.14	13.66	12.44	10.39	8.58	5.75	3.74	198.9	764.3	0.0	6.6	5.96	169.6	*	
38.10	8363	10.79	8.94	8.11	6.77	5.67	4.06	2.87	293.0	1283.5	0.0	9.8	4.01	239.6	*	
Mean:		13.66	10.74	9.54	7.81	6.40	4.38	3.02	183.6	1112.4	0.0	11.2	5.17	183.4		
Std.Dev:		4.94	4.10	3.50	2.73	2.14	1.39	0.96	56.6	623.0	0.0	9.0	1.90	61.9		
Var Coeff(%):		36.18	38.13	36.72	34.90	33.34	31.71	31.68	30.8	56.0	0.0	80.3	37.40	33.7		
		Adjusted Mean Moduli (ksi)							158.39	858.76	0.00	8.25				

-Se obtuvo un resultado de **Modulo Promedio de 858,760 psi** equivalente a **59,553.2 Kg/cm²** lo cual es consistente con el desempeño de esta base estabilizada con cemento que después de 47 años de servicio, especialmente el tramo analizado, ha estado expuesto a condiciones extremas, ya que desde que se construyó la zona industrial aledaña, en cada estación lluviosa es sujeto de inundación, como se aprecia en las fotografías siguientes:



*Figura 21: Carretera CA01W (km 35) en condiciones de inundación durante la presente temporada lluviosa.
Fuente: Noticias 4 Visión.*

CAPITULO V
ANALISIS DE
RESULTADOS
OBTENIDOS

5.1 ANALISIS DE RESULTADOS.

Variabilidad existe en casi todo lo asociado con los pavimentos, teniendo un gran efecto en su vida útil, a fin de tener una relativa comprensión y representatividad de los resultados obtenidos, los datos que se obtienen de los ensayos y mediciones están sujetos a estas variaciones, por esta razón realizamos un análisis estadístico de los resultados de los Ensayos Destructivos y No Destructivos, así como una inferencia a partir de rangos de valores sugeridos por diversas instituciones en diferentes países.

Para medir estadísticamente los resultados obtenidos en laboratorio y mediciones a fin de validar su consistencia, se utilizó el Coeficiente de Variación (CV), medida de dispersión que, junto con la media y la desviación estándar, permite el análisis de las desviaciones de los datos con respecto a la media y al mismo tiempo las dispersiones que tienen los datos dispersos entre sí. Esta medida de dispersión relativa es una excelente herramienta de comparación de eventos que permite tomar decisiones, razón por la cual es también el parámetro estadístico utilizado por el Departamento de Transporte de Texas (TxDOT), en su software de retro cálculo MODULUS 7.

La fórmula para calcular la variabilidad presente en los datos obtenidos con relación a la media se calcula dividiendo la desviación estándar entre la media y se expresa como porcentaje, según se muestra en la ecuación siguiente:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Donde:

CV=coeficiente de variación.

S = desviación estándar de la muestra.

\bar{X} = media aritmética de la muestra.

Para interpretación y aceptación de los resultados obtenidos existen los siguientes criterios:

$CV \leq 10\%$	Existe poca variabilidad
$10\% \leq CV \leq 33\%$	Existe una variabilidad aceptable
$33\% \leq CV \leq 50\%$	Existe una variabilidad excesiva pero tolerable
$CV > 50\%$	Existe una variabilidad excesiva

Figura 22: Rangos para interpretación del CV. Fuente: Estadística básica para estudiantes de Ciencias. García, López, Calvo

Este será el fundamento para el análisis de los datos obtenidos producto de recopilación de información y ensayos.

5.2 MODULOS SUGERIDOS.

Como se menciona con anterioridad en apartado 2.4 Modulo de Elasticidad, instituciones, y países, a través de investigaciones, han establecido rangos de valores de módulos que son utilizados en el diseño de Bases Estabilizadas con Cemento, constituyéndose en información de gran valor que vale la pena tomar en cuenta, para contrastarla con los resultados obtenidos en los ensayos destructivos y no destructivos:

Tabla 11: Evaluación comparativa de rangos de valores para los módulos de elasticidad de bases estabilizadas con cemento. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE	RANGOS (Kg/cm ²)	VALOR MEDIO (Kg/cm ²)
ISCYC	40,000 - 71,000	55,500
PCA	35,000 - 148,000	91,500
Felt y Abrams	56,000 - 154,000	105,000
FRANCIA	40,000 - 180,000	110,000
IECA	61000 - 102,000	81,500
	PROMEDIO	88,700
	DESVIACION ESTANDAR	21681
	COEF. DE VARIACION	24.44

En esto se aprecia que los rangos de los valores oscilan desde 35,000 hasta 180,000 kg/cm², lo cual está determinado por los tipos de materiales y las diferentes exigencias de resistencia a la compresión.

5.3 MÓDULOS DE LABORATORIO.

Tomando en cuenta las fuentes de materiales, la edad de ruptura, la compresión sin confinar, el tipo de cemento, el porcentaje de cemento y los módulos obtenidos a través de ensayos destructivos se procedió a su análisis estadístico (ver tablas 12, 13 y 14), observándose poca dispersión y se evidencia que un material fino (Banco Dulce María) pero con características cementantes mantiene bajo control la variabilidad de los resultados.

Tabla 12: Análisis estadístico 3%. Fuente: Elaboración propia.

Cantera	Mezcla al 3%			
	Resultados a 3 días		Resultados a 7 días	
	qu, Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm2	qu, Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm2
Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA04S)	21.61	99,206.30	50.71	154,450.30
	21.08	93,877.60	48.98	157,142.90
	14.61	69,523.80	50.74	160,122.70
Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)	31.02	152,671.80	43.94	160,000.00
	25.79	127,490.00	35.72	135,185.20
	34.61	134,641.40	41.97	157,936.50
Mín	14.61	69,523.80	35.72	135,185.20
Prom	24.79	112,901.82	45.34	154,139.60
Máx	34.61	152,671.80	43.94	160,000.00
Desviacion Standard	7.26	30,653.60	5.95	9,517.81
Coefficiente de variación	29.30	27.15	13.13	6.17

Tabla 13: Análisis estadístico 4%. Fuente: Elaboración propia.

Banco de préstamo	Mezcla al 4%			
	Resultados a 3 días		Resultados a 7 días	
	qu, Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm2	qu, Kgf/cm2	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm2
Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA04S)	35.46	125,000.00	51.86	162,307.70
	27.76	135,177.90	51.49	180,468.80
	41.40	150,253.20	50.61	166,019.40
Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)	39.11	138,360.70	47.56	149,360.60
	42.08	147,328.20	51.91	161,780.10
	32.80	111,797.80	49.11	156,020.90
Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)	26.99	95,200.00	31.03	133,750.00
	31.76	117,647.10	32.66	122,352.90
	29.16	114,166.70	39.50	135,338.30
Mín	26.99	95,200.00	31.03	122,352.90
Prom	34.06	126,103.51	45.08	151,933.19
Máx	42.08	150,253.20	51.91	180,468.80
Desviacion Standard	5.77	18,169.94	8.44	18,444.63
Coefficiente de variación	16.94	14.41	18.72	12.14

Tabla 14: Análisis estadístico 5%. Fuente: Elaboración propia.

Banco de préstamo	Mezcla al 5%			
	Resultados a 3 días		Resultados a 7 días	
	qu, Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm ²	qu, Kgf/cm ²	Módulo de Elasticidad, Kgf/cm ²
Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)	27.49	118,897.60	34.09	143,373.50
	28.11	117,880.80	35.05	139,795.90
	31.40	114,189.20	39.14	147,368.40
Mín	27.49	114,189.20	34.09	139,795.90
Prom	29.00	116,989.20	36.09	143,512.60
Máx	31.40	118,897.60	39.14	147,368.40
Desviación Standard	2.10	2,477.59	2.68	3,788.17
Coefficiente de variación	7.25	2.12	7.43	2.64

Tomando en cuenta la edad que prevalece en la práctica en el diseño de estructuras de pavimento y en el control de calidad en la construcción cuando se utilizan este tipo de bases, se procedió a agrupar sin discriminar fuente de materiales ni porcentajes de cemento, los resultados a los 7 días, resultando en consecuencia de este agrupamiento y como producto de este trabajo, para la comprensión sin confinar a los 7 días, un **rango de valores de módulos de elasticidad** que oscilan entre **122,352.9 a 180,468.80 Kg/cm²**.

A la vez y para contrastar con la práctica en el diseño empírico mecanicista y mecanicista empírico de estructuras de pavimento usualmente utilizadas en nuestro medio, se analizó comparativamente su sensibilidad (Tabla 15) respecto a correlaciones existentes, contrastando los módulos obtenidos con los calculados utilizando las correlaciones de Illinois y AASHTO (Ecuaciones 1 y 2).

Tabla 15: Análisis comparativo de sensibilidad. Fuente: Elaboración propia.

ANALISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD				
EDAD (Dias)	qu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	E (AASHTO) (kg/cm ²)	E (Illinois) (kg/cm ²)
7	50.71	154,450.30	85,710.00	108,334
	48.98	157,142.90	83,980.00	106,470
	50.74	160,122.70	85,740.00	108,366
	43.94	160,000.00	78,940.00	100,843
	35.72	135,185.20	70,720.00	90,923
	41.97	157,936.50	76,970.00	98,557
	51.86	162,307.70	86,860.00	109,555
	51.49	180,468.80	86,490.00	109,164
	50.61	166,019.40	85,610.00	108,227
	47.56	149,360.60	82,560.00	104,915
	51.91	161,780.10	86,910.00	109,608
	49.11	156,020.90	84,110.00	106,611
	31.03	133,750.00	66,030.00	84,744
	32.66	122,352.90	67,660.00	86,941
	39.50	135,338.30	74,500.00	95,613
	34.09	143,373.50	69,090.00	88,824
	35.05	139,795.90	70,050.00	90,066
39.14	147,368.40	74,140.00	95,176	
Mínimo	31.03	122,352.90	66,030.00	84,743.76
Promedio	43.67	151,265.23	78,670.56	100,163.07
Máximo	51.91	180,468.80	86,910.00	109,608.03
Desv. Estandar	7.55	14,219.24	7,545.56	8,873.41
Coef. Variacion	17.28	9.40	9.59	8.86

Con esta información se procedió a modelar gráficamente (Fig.23) los resultados obtenidos relacionando la Compresión sin Confinar (qu) con el Módulo de Elasticidad (E) a fin de estudiar la relación que existe entre estas dos variables y poder definir una ecuación matemática que lo represente, resultando en lo siguiente:

$$E = 27,295(qu)^{0.4541} \text{ en Kg/cm}^2 \text{ (Ecuación 3)}$$

De la misma manera se amplió esta modelación incorporando los resultados calculados con las Ecuaciones 1 y 2 (Fig. 24), dando como resultado:

a) Para Formula de Illinois:

$$E = 15213 (q_u)^{0.5} \text{ en Kg/cm}^2 \quad (\text{Ecuación 4})$$

b) Según AASHTO:

$$E = 10,243 (q_u)^{0.5408} \text{ en kg/cm}^2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

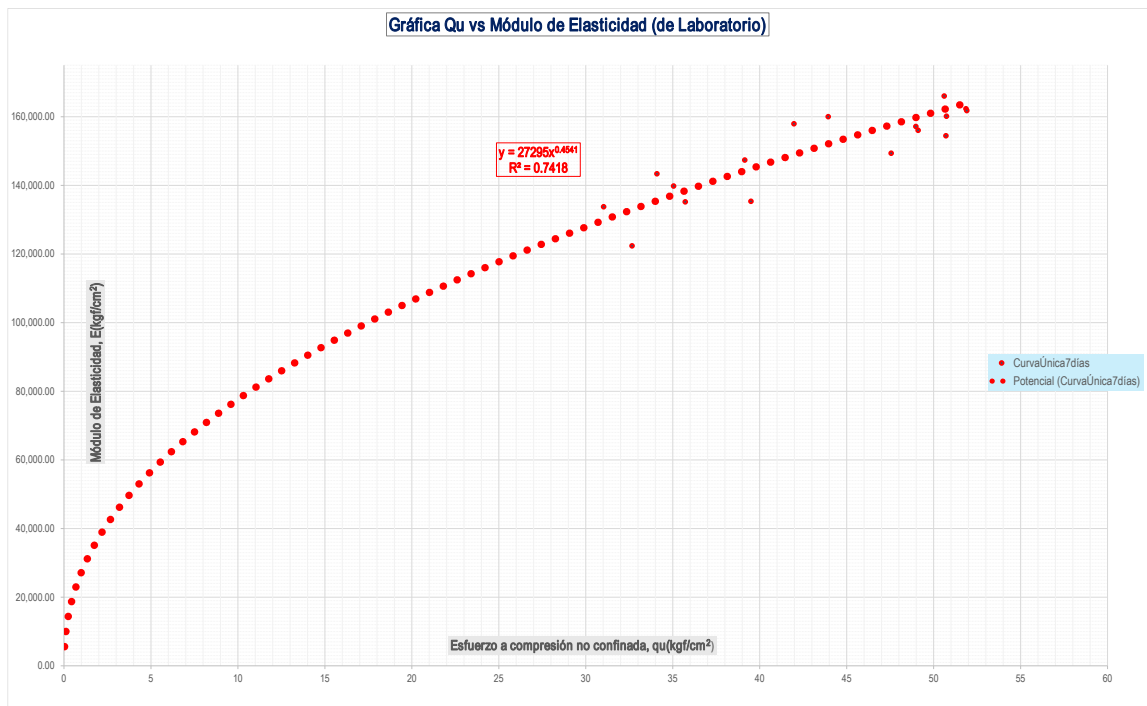


Figura 23: Gráfica Q_u vs Modulo de Elasticidad (curva 7 días). Fuente: Elaboración propia.

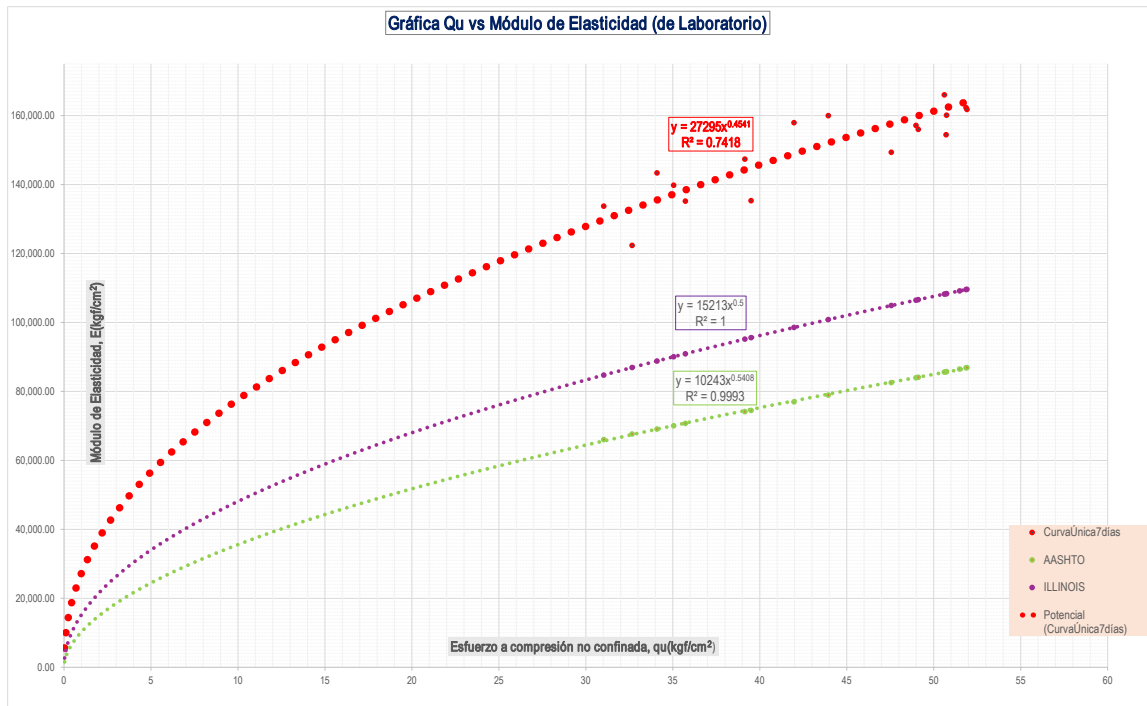


Figura 24: Gráfica Qu vs Modulo de Elasticidad (curva única 7 días, AASHTO, Illinois). Fuente: Elaboración propia.

Este análisis ha sido realizado sin discriminar la clase de materiales y el porcentaje de cemento, evidenciando la relativa poca influencia que tienen estas variables con los materiales estudiados. Como se puede observar de los datos numéricos y gráficos, los módulos de ensayos de laboratorio son superiores a los calculados, por lo cual se hizo un análisis calculando y comparando los coeficientes estructurales utilizando la ecuación³ derivada del nomograma contenido en la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 93 (Fig. 25) que correlaciona el Coeficiente estructural de Bases Tratadas con cemento:

$$a_2 = -2.7170 + 0.49711(\log E) \text{ en psi. (Ecuación 6)}$$

³ Determination of AASHTO Layer Coefficients, Vol. II, Unbound Granular Bases and Cement Treated Bases, Missouri Cooperative Highway Research Program, Final Report, Missouri Highway and Transportation Department, FHWA, 1994.

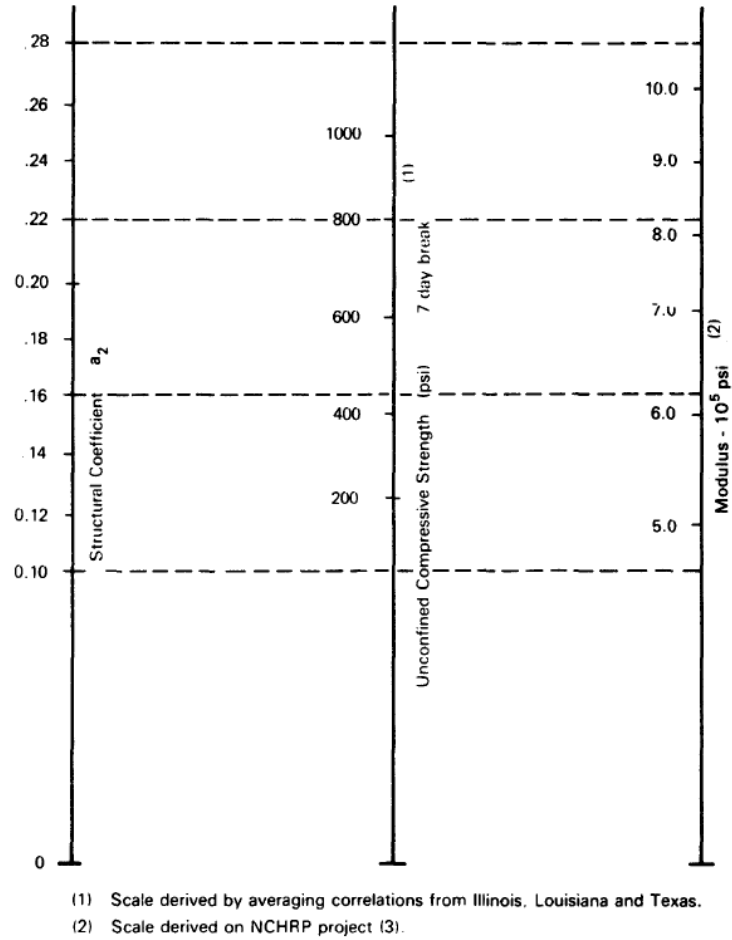


Figura 25: Variación del coeficiente estructural de Bases cementadas. Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento.

Los resultados de este cálculo se muestran comparativamente en la Tabla 16, en donde se aprecia que los coeficientes estructurales más apegados a la práctica normalizada en nuestro medio son los que resultan al calcular el Módulo de Elasticidad utilizando la formula AASHTO (Ecuación 5), con un rango de 66,030 a 86,910 Kg/cm² que corresponde a Coeficientes Estructurales con un mínimo de 0.25 a un máximo de 0.31.

Tabla 16: Calculo de coeficientes estructurales. Fuente: Elaboración propia.

CALCULO DE COEFICIENTES ESTRUCTURALES BASES CEMENTADAS AASHTO 93 (a2)							
EDAD (Días)	qu (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	E (AASHTO) (kg/cm ²)	E (Illinois) (kg/cm ²)	a2 Ensayos Lab.	a2 AASHTO93	a2 Illinois
7	50.71	154,450.30	85,710.00	108,334	0.436512092	0.3093726	0.35994468
	48.98	157,142.90	83,980.00	106,470	0.440243403	0.30497038	0.35619776
	50.74	160,122.70	85,740.00	108,366	0.444298897	0.30944815	0.36000852
	43.94	160,000.00	78,940.00	100,843	0.444133398	0.29160869	0.34447622
	35.72	135,185.20	70,720.00	90,923	0.407749502	0.26786926	0.32211904
	41.97	157,936.50	76,970.00	98,557	0.441330954	0.28615259	0.33952473
	51.86	162,307.70	86,860.00	109,555	0.447224995	0.31225004	0.36236533
	51.49	180,468.80	86,490.00	109,164	0.470123376	0.31132843	0.36159242
	50.61	166,019.40	85,610.00	108,227	0.452106474	0.30912057	0.3597316
	47.56	149,360.60	82,560.00	104,915	0.429277796	0.30128869	0.35302199
	51.91	161,780.10	86,910.00	109,608	0.446522207	0.31237428	0.36246936
	49.11	156,020.90	84,110.00	106,611	0.438696404	0.30530432	0.35648388
	31.03	133,750.00	66,030.00	84,744	0.40544522	0.25305491	0.30692496
	32.66	122,352.90	67,660.00	86,941	0.386217242	0.25831965	0.31245143
	39.50	135,338.30	74,500.00	95,613	0.407993866	0.27911092	0.33297733
	34.09	143,373.50	69,090.00	88,824	0.420445562	0.262835	0.31707724
35.05	139,795.90	70,050.00	90,066	0.414990052	0.26581415	0.32007507	
39.14	147,368.40	74,140.00	95,176	0.426378809	0.27806515	0.33198901	
Minimo	31.03	122,352.90	66,030.00	84,743.76	0.386217242	0.25305491	0.30692496
Promedio	43.67	151,265.23	78,670.56	100,163.07	0.428731966	0.2879654	0.3403345
Maximo	51.91	180,468.80	86,910.00	109,608.03	0.470123376	0.31237428	0.36246936

5.4 MÓDULO POR RETRO CALCULO.

El programa utilizado para realizar el retro calculo a partir de las mediciones Deflectométricas, contiene su propio análisis estadístico de los resultados obtenidos, por lo que en esta parte únicamente se lleva a cabo un análisis referencial contrastado.

El módulo promedio de base estabilizada con cemento, obtenido a través de retro cálculo fue de **858,760 psi** equivalente a **59,553.2 Kg/cm²** indicador de la rigidez de este tipo de bases, estableciendo cualitativamente confiabilidad en las mediciones consideradas y en el retro cálculo, considerando que están en función de las condiciones difíciles de reproducir que este único pavimento evaluado con deflectometría presenta, ya que esta base fue construida con el material granular del lugar, con alto porcentaje de Cemento Portland Tipo I (9%), con exposición al tráfico y al intemperismo durante 47 años, por lo que sin desmeritar lo valioso del resultado obtenido, su aporte es referencial.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El **Método de Ensayo para la Resistencia a la Compresión No Confinada de Suelo Cohesivo (ASTM D 2166-06)**, aplicable a suelos cementados, permite obtener resultados consistentes de baja variabilidad del Módulo de Elasticidad de materiales como los estudiados.
- A pesar de que para el análisis estadístico no se ha discriminado ni los tipos de materiales, ni los porcentajes de cemento de los especímenes sometidos a ruptura, la variabilidad de los resultados es baja, esto es indicativo de la baja sensibilidad de materiales granulares, con porcentajes de cemento en los rangos estudiados (3% a 5%), en la resistencia a la compresión a los 7 días de edad para la ruptura y como consecuencia en su módulo de elasticidad.
- Los materiales procedentes de canteras y sometidos a clasificación y trituración (Corten y Econ) presentan mayor resistencia a la compresión sin confinar y módulo de elasticidad con % de cemento $\geq 4\%$, el material de banco de préstamo a cielo abierto (Dulce María) con % de cemento $\geq 5\%$.
- Los resultados obtenidos por diferentes métodos evidencian la alta capacidad de soporte de este tipo de bases estabilizadas, confirmado en funcionamiento por el comportamiento de la estructura de pavimento de la carretera CA-1W Tramo km35 – El Portezuelo, con 47 años de servicio con excelente desempeño.
- Como producto de este trabajo, se determinó para las Bases Estabilizadas con Cemento un **rango de valores de Módulos de Elasticidad** que oscilan

entre **122,352.9 a 180,468.80 Kg/cm²**, estos valores son mayores a los utilizados en nuestro medio en los diseños de pavimentos, demostrando que este valor se puede elevar para optimizar estos diseños.

- Sin embargo, producto de un análisis comparativo se determinó que para estar acorde con la práctica local el rango de Módulo de Elasticidad que más se adapta es **66,030 a 86,910 Kg/cm²** resultante de aplicar la formula AASHTO (Ecuación 5) para el calcularlo.
- El programa MODULUS, es muy amigable y confiable para el retro cálculo utilizando mediciones Deflectométricas para determinar módulos de estructuras de pavimento y también puede ser utilizado para calcular su vida remanente.
- La información disponible sobre mediciones Deflectométricas tiene baja disponibilidad y confiabilidad producto de discrepancias con las condiciones usuales y reales de los pavimentos existentes, especialmente en cuanto a espesores y esto incide en el retro calculo.

6.2 RECOMENDACIONES

- Si bien, como producto de este trabajo, para la comprensión sin confinar a los 7 días, se definió un **rango de valores de Módulos de Elasticidad** que oscilan entre **122,352.9 a 180,468.80 Kg/cm²**, por la práctica local se considera más razonable el rango de **66,030 a 86,910 Kg/cm²** producto de la aplicación de la Formula AASHTO (Ecuación 5), la cual también se recomienda se utilice para el Cálculo de Módulos de Elasticidad de Bases Estabilizadas con Cemento.
- Es importante considerar que el muestreo, preparación de las muestras y el ensayo para obtener el módulo ha sido llevado a cabo con las condiciones controladas y el rigor de los procedimientos en laboratorio, esto se refleja en los resultados obtenidos con baja dispersión, pero las condiciones durante la construcción del pavimento están sujetas a variabilidad e incertidumbre, especialmente a lo relacionado con las condiciones climatológicas, por lo que es necesario que se cuente con el tipo y condición de eficiencia operativa de los equipos utilizados, experiencia del personal encargado y el nivel de control de calidad que garantice replicar los resultados obtenidos en laboratorio.
- Los resultados obtenidos corresponden al cemento y materiales granulares utilizados, por lo que es recomendable que para cada caso específico se tome en cuenta que los materiales deben ser granulares con bajo contenido de finos controlando el retenido en Tamiz No 4, el pasante Tamiz 200 y el índice de Plasticidad, preferentemente producto de trituración, el cemento debe ser de similares características al utilizado, y se debe especificar el requerimiento que para el diseño de la mezcla un porcentaje mínimo de cemento en peso de 4.0 %.

- Al efectuar mediciones Deflectométricas, es indispensable que los equipos estén calibrados, el personal tenga la experticia necesaria, tanto para ejecución de las mediciones como para la su validación.
- De la información de las mediciones Deflectométricas proporcionada, solo pudimos utilizar la de un proyecto, por discrepancia con condiciones fuera de rango con las típicas de este tipo de bases, por ello es recomendable que la información recopilada por ensayos no destructivos debe ser contrastada razonablemente con información obtenida por otros medios, para validar condiciones importantes, entre otras los espesores de las capas de las estructuras de pavimento.
- Tomando en consideración que para la determinación en laboratorio y/o cálculo del Módulo de Elasticidad de las Bases Estabilizadas con Cemento la Resistencia a la Compresión sin Confinar es el ensayo y parámetro que se utiliza, se recomienda aplicar un ajuste para el diseño, incrementando el valor mínimo especificado de construcción, tomando como base la desviación estándar para mantener bajo control el número permisible de muestras que pueden tener resistencias menores que el valor especificado.
- Se recomienda la aplicación de la Ecuación 6, que fue derivada del nomograma que relaciona el coeficiente estructural de capa (a_2) y el módulo de elasticidad de bases estabilizadas con cemento (E_{sb}), contenido en la Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 93.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.



- Yang H. Huang, Pavement Analysis and Design, University of Kentucky. Prentice Hall.
- Portland Cement Association, Soil-Cement Laboratory Handbook.
- Guide to Cement-Treated Base (CTB), By Gregory E. Halsted, David R. Luhr, Wayne S. Adaska.
- POPOVICS, J. S. A Study of Static and Dynamic Modulus of Elasticity of Concrete. University of Illinois, Urbana, IL. ACI-CRC Final Report. 2008.
- AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES. Published by The American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO Design Procedures for New Pavements. National Highway Institute, Course No. 13128.
- FWD Calibration Center and Operational Improvements: Redevelopment of the Calibration Protocol and Equipment. US Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- Nondestructive Testing of Pavements and Backcalculation of Moduli, Albert J. Bush III and Gilbert Y. Baladi, editors. ASTM special technical publication; 1026.
- AASHTO Design Procedures for New Pavements. ERES Consultants, Inc. FHWA-HI-94-023. February 1994.
- State of the Art Report on Soil Cement, ACI Materials Journal, Vol87, No. 4, 1990, Reported by ACI Committee 230.
- Determination of AASHTO Layer Coefficients, Vol. II, Unbound Granular Bases and Cement Treated Bases, Missouri Cooperative Highway Research Program, Final Report, Missouri Highway and Transportation Department, FHWA, 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

ENSAYOS DE MATERIALES

ENSAYOS DE LABORATORIO CANTERA ECON

		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES	RP7.8-1-3
		AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-F, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TEL: 2542-1590	Codigo N° de pagina 1 de 1
		CERTIFICADO DE RESULTADOS	Solicita LEG SA DE CV

Dirección del cliente: **SAN SALVADOR** PL-2442021

CLASIFICACION DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA, AASHTO M 145 Y ASTM D 2487 (*)

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

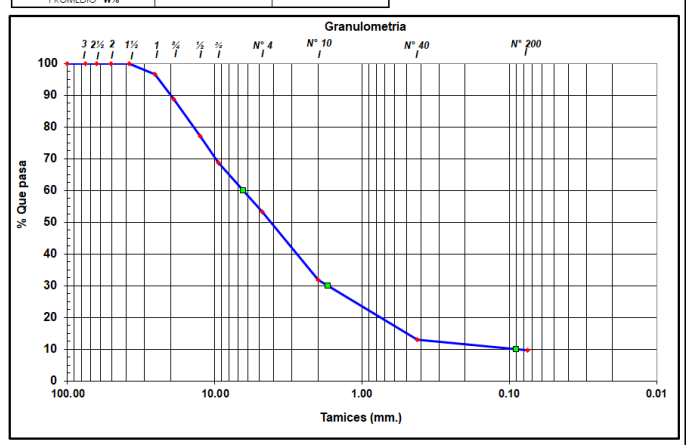
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: <u>LA CANTERA</u> ESTACION: _____ LATERAL: _____ PROF. (m): _____ FECHA MUESTREO : <u>8-may-24</u> FECHA DE ENSAYO : <u>29-may-24</u> FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO: <u>31-may-24</u>	Codigo consecutivo laboratorio: _____
---	---------------------------------------

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO AASHTO T11 Y T27 ()** (*) ENSAYO NO ACREDITADO
(**) ENSAYOS ACREDITADO

Peso neto (g)	9159.5	Tara (g):	485.7
Peso Neto (g)	8673.8	Ret. #4 (g):	4047.7
Hum. inicial%	0.0	Peso a lavar, pasa #4 (g)	4626.1
Peso Seco Neto (g)	8673.8	Hum. inicial pasa #4 %	0.0
% Pasa No. 4	53.3	Peso seco a lavar, pasa #4 (g)	4626.1

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS EN LABORATORIO AASHTO T-265 (**)		PESOS SECOS EN GRANULOMETRÍA	
TARA No.		MAT. LAVADO EN LA No.200	PESO SECO (g)
TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)		INICIAL	4626.10
TARA + MUESTRA SECA (g)		RET. TOTAL EN No. 200	3790.20
PESO AGUA (g)		PASA LAVADO No 200	835.90
TARA (g)			
PESO SUELO SECO (g)			
CONT. DE AGUA %			
PROMEDIO W%			

TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa
4"	100.0	0	0	0	100
3"	76.2	0	0	0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0	0	100
2"	50.8	0.0	0	0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0	0	100
1"	25.4	302.2	3	3	97
3/4"	19	671.7	8	11	89
1/2"	12.5	1014.9	12	23	77
3/8"	9.5	711.0	8	31	69
No.4	4.75	1347.9	16	47	53
No.10	2.0	1862.2	21	68	32
No. 40	0.425	1624.9	19	87	13
No.200	0.075	303.1	3	90	10
PASA No.200		835.9	10		
SUMA		8673.8	100		

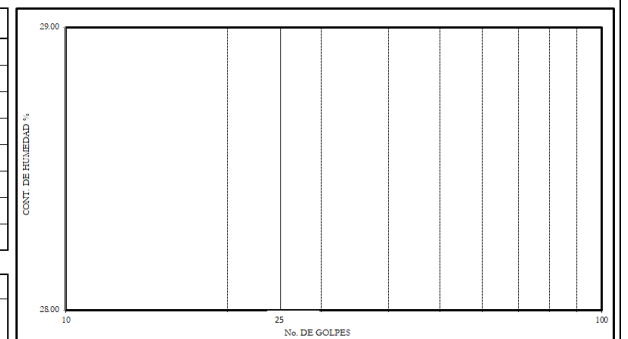


%GRAVA:	47	%ARENA:	44	%FINOS:	10
D ₁₀ :	0.09	D ₃₀ :	1.71	D ₆₀ :	6.39
Cu:	71.2	Cc:	5.12		

LÍMITES DE ATTERBERG AASHTO T89 Y T90 ()** CURVA DE FLUJO DE LÍMITE LÍQUIDO

Tara No.	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2	3	4	5	6
No. Golpes						
P.S.H+T(g)						
P.S.S+T(g)						
P.Tara(g)	21.18	21.19	21.17	21.15	21.15	21.19
P.S.S (g)						
P. Agua						
Humedad(%)						


RESULTADOS	LL	LP	IP
	NO PRACTICABLE		NO PLASTICO



OBSERVACIONES: _____

CLASIFICACIÓN : SUCS: GP AASHTO: A-1-a (0) Laboratorista: Ricardo Mendez

DESCRIPCIÓN GP: Grava mal graduada con arena y pocos finos, no plastico. Revisó: Jesus Lemus

	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		RP7.8-1-3-3
			Código:
			No de pagina: 1/1
Avenida Javeque y Calle Camaragua, N° 1F, Cal. Jardines de La Libertad, N° 1, Santa Tecla		Solicitante:	LEG SA DE CV
Tel: 2556-0517, 2556-0521, 2556-0522 Fax: 2556-0523			

R-01-052024

(*) Ensayo No Acreditado

(**) Ensayo Acreditado

ENSAYO GRANULOMETRICO POR LAVADO, AASHTO T-11 ()**

Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		
Ubicación:	Laboratorio LEG	F. Emisión de Certificado	31-may-24
Muestra No:	"B"	Material:	BASE
Procedencia	LA CANTERA		
Fecha de muestreo:	8-may-24	Fecha de ensayo:	29-may-24
Codigo Consecutivo de laboratorio	-	Elaboro:	Ing. Carlos Avilés

CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No. 200

Peso seco de la muestra original	B	8,673.8	g
Peso seco de la muestra después del lavado	C	7,837.9	g
Peso del material lavado	D = B - C	835.9	g
Porcentaje de material que pasa la malla No. 200 por lavado	$A = (D / B) * 100$	10	%
Porcentaje de material mayor que la malla No. 200	100 - A	90	%

Observaciones: _____

Ing. Jesús Lemus

Jefe de Laboratorio

Tec. Cesar Brizuela.

Tecnico Analista

FIN DE CERTIFICADO

	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523
--	--

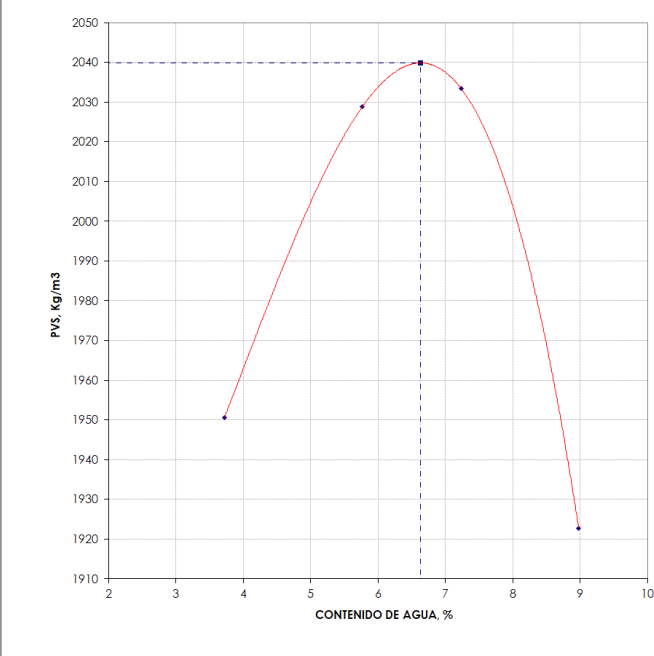
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROCEDENCIA	BANCO LA CANTERA, SAN DIEGO	LATERAL	-
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	-
FECHA ENSAYO:	13/5/2024	No. DE CAPA	BASE TIPO "B"

EMISION DE CERTIFICADO: 31/5/2024 CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.

ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180

Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%		2.0%	4.0%	6.0%	8.0%
Agua de proyecto, cc	120	240	360	480	Tara	#3	#1	#2	#4
P. s. humedo + molde (g)	10090	10345	10417	10240	Peso T + peso Suelo H., g	686.1	661.0	692.8	692.8
Peso del molde, (g)	5888	5888	5888	5888	Peso T + peso Suelo Seco, g	666.8	633.1	656.1	648.0
Peso de suelo húmedo, (g)	4202	4457	4529	4352	Peso Tara, g	148.2	149.5	148.6	149.1
Volumen del molde, (cm³)	2077	2077	2077	2077	Peso agua, g	19.3	27.9	36.7	44.8
P. Vol. Humedo, (Kg/m³)	2023	2146	2181	2095	Peso Suelo Seco	518.6	483.6	507.5	498.9
P. Vol. Seco, (Kg/m³)	1951	2029	2033	1923	Contenido de agua, (%)	3.7	5.8	7.2	9.0
					P. Vol. Seco, (Kg/m³)	1951	2029	2033	1923



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 2040 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC.: 6.6 %

METODO: "D"

No. Capas: 5

No. Golpes/ capa: 56

Diametro de Molde: 6"

Peso martillo, Lbs: 10

Altura de caída de martillo: 18"

Realizó: Melvin Henríquez

Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL P.V.S.max

Gs(bulk) de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc	%
PS, g	Densidad de finos, Df	Kg/m³
PSS, g	Porcentaje de finos, Pf	%
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,	%
Gm(bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,	%
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA	%

CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)

Dd = 100 * Df * K / (Df * Pc + K * Pf) = **Kg/m³**

Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m³

Df = Densidad Seca de finos, Kg/m³


Pc = % de partículas de sobretamaño

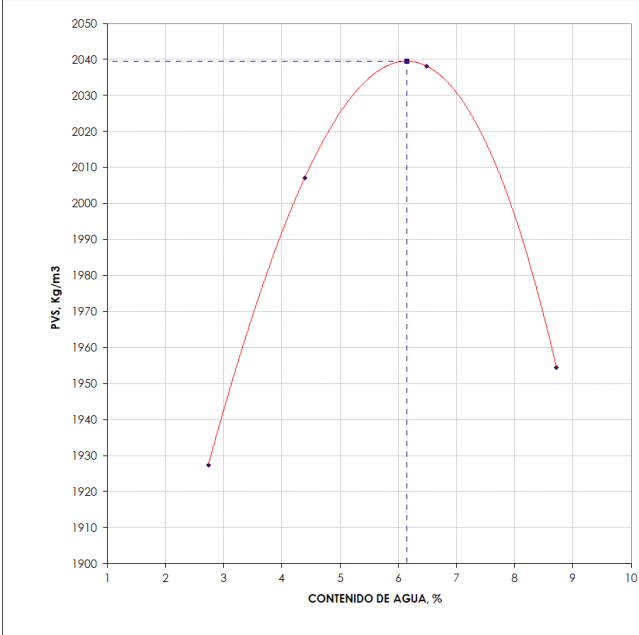
Pf = % de finos

K = 1000 * Gm =

Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m³

OBSERVACIONES

		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A. COLONIA, JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523								
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR										
PROCEDENCIA	BANCO LA CANTERA "B", 3% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-							
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	- PROF. -							
FECHA ENSAYO:	17/5/2024	No. DE CAPA	-							
MISION DE CERTIFICAD: 21/5/2024		CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.								
ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180										
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4	
% Agua de proyecto	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%			2.0%	4.0%	6.0%	8.0%
Agua de proyecto, cc	120	240	360	480	Tara	#3	#4	#8	#9	
P. s. humedo + molde (g)	10300	10545	10705	10608	Peso T + peso Suelo H.	477.1	447.8	402.2	424.2	
Peso del molde. (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco	466.3	432.0	382.1	396.0	
Peso de suelo húmedo.	4220	4465	4625	4528	Peso Tara. g	72.4	72.4	72.1	72.6	
Vólumen del molde. (cc)	2131	2131	2131	2131	Peso agua. g	10.8	15.8	20.1	28.2	
P. Vol. Humedo. (Kg/m ³)	1980	2095	2170	2125	Peso Suelo Seco	393.9	359.6	310.0	323.4	
P. Vol. Seco. (Kg/m ³)	1927	2007	2038	1954	Contenido de agua. (%)	2.7	4.4	6.5	8.7	
					P. Vol. Seco. (Kg/m ³)	1927	2007	2038	1954	



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 2040 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 6.1 %

METODO "D"

No. Capas 5

No. Golpes/ capa 56

Diametro de Molde 6"

Peso martillo, Lbs 10

Altura de caída de martillo 18"

Realizó: Melvin Henriquez

Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL P.V.Smax				CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)			
Gs(bulk) de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc		%	$Dd = 100 * Df * K / (Df * Pc + K * Pf) =$ <u> </u> Kg/m ³			
PS, g	Densidad de finos, Df		Kg/m ³	Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m ³			
PSS, g	Porcentaje de finos, Pf		%	Df = Densidad Seca de finos, Kg/m ³			
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		%	Pc = % de partículas de sobretamaño			
Gm(bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,		%	Pf = % de finos			
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%	K = 1000 * Gm =			
				Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m ³			
OBSERVACIONES							

LEG, S.A. DE C.V.		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523								
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR										
PROCEDENCIA	BANCO LA CANTERA "B", 4% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-							
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	PROF. -							
FECHA ENSAYO:	18/5/2024	No. DE CAPA	-							
MISION DE CERTIFICAD: 21/5/2024		CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.								
ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180										
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4	
% Agua de proyecto	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%			2.0%	4.0%	6.0%	8.0%
Agua de proyecto, cc	120	240	360	480	Tara	#3	#4	#5	#6	
P. s. humedo + molde (g)	10384	10583	10695	10580	Peso T + peso Suelo H.	426.1	437.7	405.5	458.8	
Peso del molde. (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco	412.9	419.1	384.4	427.9	
Peso de suelo húmedo.	4304	4503	4615	4500	Peso Tara. g	72.6	48.7	72.6	48.3	
Vólumen del molde. (cc)	2131	2131	2131	2131	Peso agua. g	13.2	18.6	21.1	30.9	
P. Vol. Humedo. (Kg/m ³)	2020	2113	2166	2112	Peso Suelo Seco	340.3	370.4	311.8	379.6	
P. Vol. Seco. (Kg/m ³)	1944	2012	2028	1953	Contenido de agua. (%)	3.9	5.0	6.8	8.1	
					P. Vol. Seco. (Kg/m ³)	1944	2012	2028	1953	

Gráfico Proctor que muestra la relación entre el contenido de agua (eje X, 3% a 10%) y el peso volúmico seco (eje Y, 1930 a 2050 Kg/m³). La curva muestra un punto máximo de densidad seca a un contenido de agua de 6.2% y un peso volúmico seco de 2036 Kg/m³.

CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOLSECO MAXIMO: 2036 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 6.2 %

METODO "D"

No. Capas 5

No. Golpes/ capa 56

Diametro de Molde 6"

Peso martillo. Lbs 10


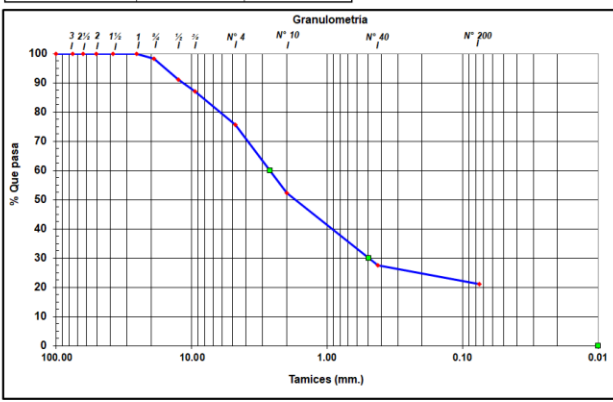
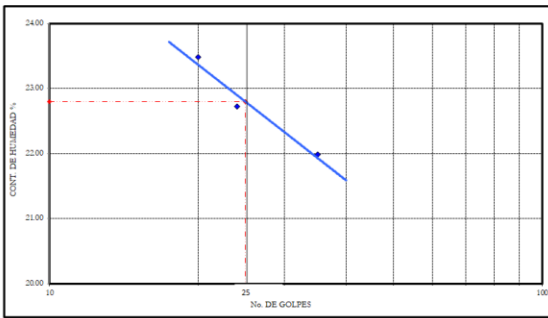
Altura de caída de martillo 18"


Realizó: Melvin Henríquez

Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL PVSmax				CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)			
Gs(bulk) de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc		%	Dd = 100 * Df * K / (Df * Pc + K * Pf) = <u> </u> Kg/m³			
PS, g	Densidad de finos, Df		Kg/m3	Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m3			
PSS, g	Porcentaje de finos, Pf		%	Df = Densidad Seca de finos, Kg/m3			
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		%	Pc = % de partículas de sobretamaño			
Gm(bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,		%	Pf = % de finos			
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%	K = 1000 * Gm =			
				Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m3			
OBSERVACIONES							

ENSAYOS DE LABORATORIO CANTERA CORTEN

	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		RP7.8-1-3																																																																																																
	AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-F, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TEL: 2542-1590		Codigo N° de pagina 1 de 1																																																																																																
	CERTIFICADO DE RESULTADOS		solicita LEG SA DE CV																																																																																																
Direccion del cliente: SAN SALVADOR R1-2-04/2014																																																																																																			
CLASIFICACION DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA, AASHTO M 145 Y ASTM D 2487 (*)																																																																																																			
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR																																																																																																			
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: <u>BANCO CORTEN</u> ESTACION: _____ LATERAL: _____ PROF. (m) _____ FECHA MUESTREO : <u>8-may-24</u> FECHA DE ENSAYO : <u>29-may-24</u> FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO: <u>31-may-24</u>	Codigo consecutivo laboratorio : _____																																																																																																		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO AASHTO T11 Y T27 (**)																																																																																																			
Peso neto (g) <u>8142.1</u> Tara (g): <u>478.3</u> Peso Neto (g) <u>7663.8</u> Ret. #4 (g): <u>1869.9</u> Hum. Inicial% <u>0.0</u> Peso a lavar, pasa #4 (g) <u>5793.9</u> Peso Seco Neto (g) <u>7663.8</u> Hum. Inicial pasa #4 % <u>0.0</u> % Pasa No. 4 <u>75.6</u> % seco a lavar, pasa #4 (g) <u>5793.9</u>		(*) ENSAYO NO ACREDITADO (**) ENSAYOS ACREDITADO																																																																																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Abertura en mm.</th> <th>Peso ret. parcial (g)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Ret. Acumulado</th> <th>% Que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>100.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.5</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19</td><td>126.9</td><td>2</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.5</td><td>548.2</td><td>7</td><td>9</td><td>91</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.5</td><td>305.6</td><td>4</td><td>13</td><td>87</td></tr> <tr><td>No.4</td><td>4.75</td><td>889.2</td><td>12</td><td>24</td><td>76</td></tr> <tr><td>No.10</td><td>2.0</td><td>1781.0</td><td>23</td><td>48</td><td>52</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.425</td><td>1897.2</td><td>25</td><td>72</td><td>28</td></tr> <tr><td>No.200</td><td>0.075</td><td>500.5</td><td>7</td><td>79</td><td>21</td></tr> <tr><td>PASA No.200</td><td></td><td>1615.2</td><td>21</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SUMA</td><td></td><td>7663.8</td><td>100</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa	4"	100.0	0	0	0	100	3"	76.2	0	0	0	100	2 1/2"	63.5	0.0	0	0	100	2"	50.8	0.0	0	0	100	1 1/2"	38.1	0.0	0	0	100	1"	25.4	0.0	0	0	100	3/4"	19	126.9	2	2	98	1/2"	12.5	548.2	7	9	91	3/8"	9.5	305.6	4	13	87	No.4	4.75	889.2	12	24	76	No.10	2.0	1781.0	23	48	52	No. 40	0.425	1897.2	25	72	28	No.200	0.075	500.5	7	79	21	PASA No.200		1615.2	21			SUMA		7663.8	100			DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS EN LABORATORIO AASHTO T-265 (**)	
TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa																																																																																														
4"	100.0	0	0	0	100																																																																																														
3"	76.2	0	0	0	100																																																																																														
2 1/2"	63.5	0.0	0	0	100																																																																																														
2"	50.8	0.0	0	0	100																																																																																														
1 1/2"	38.1	0.0	0	0	100																																																																																														
1"	25.4	0.0	0	0	100																																																																																														
3/4"	19	126.9	2	2	98																																																																																														
1/2"	12.5	548.2	7	9	91																																																																																														
3/8"	9.5	305.6	4	13	87																																																																																														
No.4	4.75	889.2	12	24	76																																																																																														
No.10	2.0	1781.0	23	48	52																																																																																														
No. 40	0.425	1897.2	25	72	28																																																																																														
No.200	0.075	500.5	7	79	21																																																																																														
PASA No.200		1615.2	21																																																																																																
SUMA		7663.8	100																																																																																																
%GRAVA: 24 %ARENA: 55 %FINOS: 21 D ₁₀ : 0.00 D ₃₀ : 0.49 D ₆₀ : 2.66 C _u : 0.0 C _c : 0.00		PESOS SECOS EN GRANULOMETRÍA																																																																																																	
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>TARA No.</th> <th>MAT. LAVADO EN LA No.200</th> <th>PESO SECO (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)</td> <td>INICIAL</td> <td>5793.90</td> </tr> <tr> <td>TARA + MUESTRA SECA (g)</td> <td>RET. TOTAL EN No. 200</td> <td>4178.70</td> </tr> <tr> <td>PESO AGUA (g)</td> <td>PASA LAVADO No 200</td> <td>1615.20</td> </tr> <tr> <td>TARA (g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO SUELO SECO (g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONT. DE AGUA %</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO W%</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		TARA No.	MAT. LAVADO EN LA No.200	PESO SECO (g)	TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)	INICIAL	5793.90	TARA + MUESTRA SECA (g)	RET. TOTAL EN No. 200	4178.70	PESO AGUA (g)	PASA LAVADO No 200	1615.20	TARA (g)			PESO SUELO SECO (g)			CONT. DE AGUA %			PROMEDIO W%																																																																										
TARA No.	MAT. LAVADO EN LA No.200	PESO SECO (g)																																																																																																	
TARA + MUESTRA HÚMEDA (g)	INICIAL	5793.90																																																																																																	
TARA + MUESTRA SECA (g)	RET. TOTAL EN No. 200	4178.70																																																																																																	
PESO AGUA (g)	PASA LAVADO No 200	1615.20																																																																																																	
TARA (g)																																																																																																			
PESO SUELO SECO (g)																																																																																																			
CONT. DE AGUA %																																																																																																			
PROMEDIO W%																																																																																																			
																																																																																																			
LÍMITES DE ATTERBERG AASHTO T89 Y T90 (**)																																																																																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tara No.</th> <th colspan="3">LÍMITE LÍQUIDO</th> <th colspan="3">LÍMITE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>No. Golpes</td><td>35</td><td>24</td><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>P.S.H+T(g)</td><td>37.27</td><td>37.39</td><td>37.48</td><td>36.03</td><td>34.80</td><td>34.57</td></tr> <tr><td>P.S.S+T(g)</td><td>34.37</td><td>34.39</td><td>34.38</td><td>33.59</td><td>32.58</td><td>32.40</td></tr> <tr><td>P.Tara(g)</td><td>21.18</td><td>21.19</td><td>21.18</td><td>21.15</td><td>21.13</td><td>21.18</td></tr> <tr><td>P.S.S (g)</td><td>13.19</td><td>13.20</td><td>13.20</td><td>12.44</td><td>11.45</td><td>11.22</td></tr> <tr><td>P. Agua</td><td>2.90</td><td>3.00</td><td>3.10</td><td>2.44</td><td>2.22</td><td>2.17</td></tr> <tr><td>Humedad(%)</td><td>21.99</td><td>22.73</td><td>23.48</td><td>19.61</td><td>19.39</td><td>19.34</td></tr> </tbody> </table>		Tara No.	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			1	2	3	4	5	6	No. Golpes	35	24	20				P.S.H+T(g)	37.27	37.39	37.48	36.03	34.80	34.57	P.S.S+T(g)	34.37	34.39	34.38	33.59	32.58	32.40	P.Tara(g)	21.18	21.19	21.18	21.15	21.13	21.18	P.S.S (g)	13.19	13.20	13.20	12.44	11.45	11.22	P. Agua	2.90	3.00	3.10	2.44	2.22	2.17	Humedad(%)	21.99	22.73	23.48	19.61	19.39	19.34	CURVA DE FLUJO DE LÍMITE LÍQUIDO																																			
Tara No.	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO																																																																																															
	1	2	3	4	5	6																																																																																													
No. Golpes	35	24	20																																																																																																
P.S.H+T(g)	37.27	37.39	37.48	36.03	34.80	34.57																																																																																													
P.S.S+T(g)	34.37	34.39	34.38	33.59	32.58	32.40																																																																																													
P.Tara(g)	21.18	21.19	21.18	21.15	21.13	21.18																																																																																													
P.S.S (g)	13.19	13.20	13.20	12.44	11.45	11.22																																																																																													
P. Agua	2.90	3.00	3.10	2.44	2.22	2.17																																																																																													
Humedad(%)	21.99	22.73	23.48	19.61	19.39	19.34																																																																																													
RESULTADOS: LL: 23 LP: 19 IP: 4																																																																																																			
OBSERVACIONES: _____																																																																																																			
CLASIFICACIÓN: SUCS: SC - SM AASHTO: A-1-b (0) Laboratorista: <u>Ricardo Mendez</u>																																																																																																			
DESCRIPCIÓN: SC-SM: Arena arcillosa - limosa, de baja plasticidad. Reviso: <u>Jesus Lemus</u>																																																																																																			

	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		RP7.8-1-3-3	
			Código:	
			No de pagina:	1/1
	Avenida Jajoye y Calle Camaraqua, N° 1F, Col. Jardines de La Libertad, N° 1, Santa Tecla		Solicitante:	LEG SA DE CV
		Tel. 2556-0517, 2556-0521, 2556-0522 Fax: 2556-0523		

R-01-052024

(*) Ensayo No Acreditado

(**) Ensayo Acreditado

ENSAYO GRANULOMETRICO POR LAVADO, AASHTO T-11 ()**

Proyecto:	PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		
Ubicación:	Laboratorio LEG	F. Emisión de Certificado	31-may-24
Muestra No:	-	Material:	BASE
Procedencia	BANCO CORTEN		
Fecha de muestreo:	8-may-24	Fecha de ensayo:	29-may-24
Codigo Consecutivo de laboratorio	-	Elaboro:	Ing. Carlos Avilés

CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No. 200

Peso seco de la muestra original	B	7,663.8 g
Peso seco de la muestra después del lavado	C	6,048.6 g
Peso del material lavado	D = B - C	1,615.2 g
Porcentaje de material que pasa la malla No. 200 por lavado	$A = (D / B) * 100$	21 %
Porcentaje de material mayor que la malla No. 200	100 - A	79 %

Observaciones: _____

Ing. Jesús Lemus

Jefe de Laboratorio

Tec. Cesar Brizuela.

Tecnico Analista

FIN DE CERTIFICADO

leg, S.A. DE C.V.		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523							
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR									
PROCEDENCIA	BANCO CORTEN	LATERAL	-						
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	PROF. -						
FECHA ENSAYO:	13/5/2024	No. DE CAPA	BASE						
EMISION DE CERTIFICADO: 31/5/2024		CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.							
ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180									
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%		2.0%	4.0%	6.0%	8.0%
Agua de proyecto, cc	120	240	360	480	Tara	#4	#3	#1	#6
P. s. humeda + molde (g)	10344	10704	10861	10505	Peso T + peso Suelo H., g	568.1	489.0	421.3	482.2
Peso del molde, (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco, g	547.7	463.9	394.7	445.0
Peso de suelo húmedo, (g)	4264	4624	4781	4425	Peso Tara, g	48.7	48.1	48.7	48.3
Volumen del molde, (cm ³)	2131	2131	2131	2131	Peso agua, g	20.4	25.1	26.6	37.2
P. Vol. Humedo, (Kg/m ³)	2001	2170	2244	2076	Peso Suelo Seco	499.0	415.8	346.0	396.7
P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1922	2046	2083	1898	Contenido de agua, (%)	4.1	6.0	7.7	9.4
					P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1922	2046	2083	1898

CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 2089 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 7.3 %

METODO: "D"

No. Capas: 5

No. Golpes/ capa: 56

Diametro de Molde: 6"

Peso martillo, Lbs: 10

Altura de caída de martillo: 18"


Realizó: Melvin Henríquez

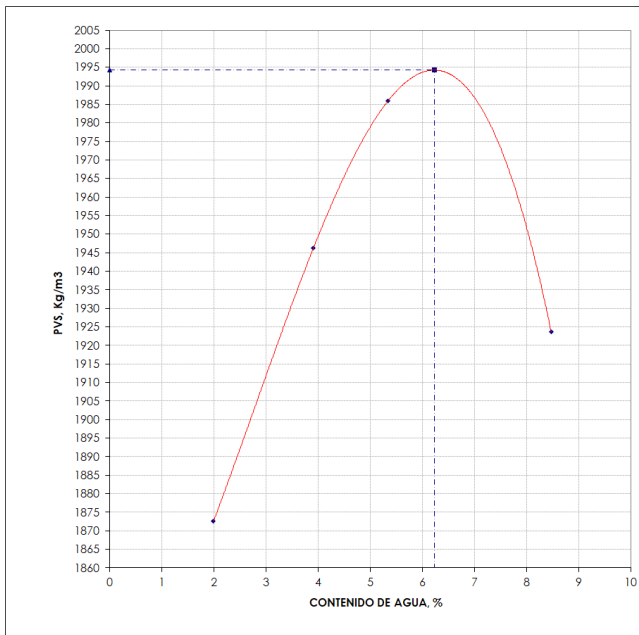
Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL P.V.S. max			
Gs [bulk] de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc		%
P _s , g	Densidad de finos, D _f		Kg/m ³
PSS, g	Porcentaje de finos, P _f		%
PSUM, g	% HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		%
G _m [bulk]	% HUMEDAD DE FINOS,		%
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%

CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)	
Dd = 100 * D_f * K / (D_f * Pc + K * P_f) =	Kg/m³
Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m ³	
Df = Densidad Seca de finos, Kg/m ³	
Pc = % de partículas de sobretamaño	
P _f = % de finos	
K = 1000 * G _m =	
G _m = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m ³	

OBSERVACIONES

		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523							
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR									
PROCEDENCIA	BANCO CORTEN 3% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-						
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	- PROF. -						
FECHA ENSAYO:	17/5/2024	No. DE CAPA	-						
MISION DE CERTIFICAD: 21/5/2024		CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.							
ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180									
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	1.0%	3.0%	5.0%	7.0%		1.0%	3.0%	5.0%	7.0%
Agua de proyecto, cc	60	180	300	420	Tara	#3	#13	#18	#21
P. s. humedo + molde (Kg)	10150	10390	10538	10510	Peso T + peso Suelo H.	250.3	248.2	296.8	266.2
Peso del molde, (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco	246.0	240.0	283.3	247.8
Peso de suelo húmedo,	4070	4310	4458	4430	Peso Tara, g	30.6	30.6	30.6	30.7
Vólumen del molde, (cc)	2131	2131	2131	2123	Peso agua, g	4.3	8.2	13.5	18.4
P. Vol. Humedo, (Kg/m ³)	1910	2023	2092	2087	Peso Suelo Seco	215.4	209.4	252.7	217.1
P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1873	1946	1986	1924	Contenido de agua, (%)	2.0	3.9	5.3	8.5
					P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1873	1946	1986	1924



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL.SECO MAXIMO: 1994 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 6.2 %

METODO "D"

No.Capas 5

No.Golpes/ capa 56

Diametro de Molde 6"

Peso martillo, Lbs 10

Altura de caída de martillo 18"

Realizó: _____
Melvin Henríquez

Revisó: _____
Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL PVsmax		CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)	
Gs(bulk) de gruesos: % PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc			$Dd = 100 * Df^K / (Df^K * Pc + K * Pf) =$ <u> </u> Kg/m ³
PS, g	Densidad de finos, Df		Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m ³
PSS, g	Porcentaje de finos, Pf		Df = Densidad Seca de finos, Kg/m ³
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		Pc = % de partículas de sobretamaño
Gm(bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,		Pf = % de finos
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		K = 1000 * Gm =
			Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m ³

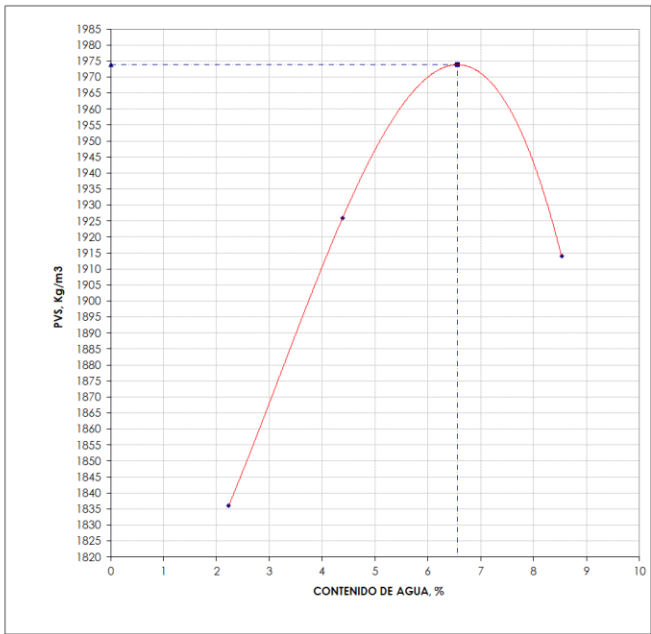
OBSERVACIONES

leg, S.A. DE C.V.	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
	AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA. UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR			
PROCEDENCIA	BANCO CORTEN 4% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-
FECHA MUESTREO:	8/5/2024	PCA	PROF. -
FECHA ENSAYO:	17/5/2024	No. DE CAPA	-

MISION DE CERTIFICADO: 21/5/2024 CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.

ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180									
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	1.0%	3.0%	5.0%	7.0%		1.0%	3.0%	5.0%	7.0%
Agua de proyecto, cc	60	180	300	420	Tara	#10	#13	#18	#21
P. s. humedo + molde (g)	10080	10364	10561	10490	Peso T + peso Suelo H., g	520.3	555.8	537.4	568.8
Peso del molde, (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco, g	510.0	534.5	507.4	527.9
Peso de suelo húmedo, (g)	4000	4284	4481	4410	Peso Tara, g	48.8	48.7	48.2	48.3
Vólumen del molde, (cm ³)	2131	2131	2131	2123	Peso agua, g	10.3	21.3	30.0	40.9
P. Vol. Humedo, (Kg/m ³)	1877	2010	2103	2077	Peso Suelo Seco	461.2	485.8	459.2	479.6
P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1836	1926	1974	1914	Contenido de agua, (%)	2.2	4.4	6.5	8.5
					P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1836	1926	1974	1914



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 1974 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC.: 6.6 %

METODO "D"

No. Capas 5

No. Golpes/ capa 56

Diametro de Molde 6"

Peso martillo, Lbs 10

Altura de caída de martillo 18"

Realizó: Melvin Henríquez

Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL PVSmax

Gs [bulk] de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, P _c	%
PS, g	Densidad de finos, D _f	Kg/m ³
PSS, g	Porcentaje de finos, P _f	%
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,	%
Gm [bulk]	%HUMEDAD DE FINOS,	%
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA	%

CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)

D_d = 100 * D_f * K / (D_f * P_c + K * P_f) = **Kg/m³**

D_d = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m³

D_f = Densidad Seca de finos, Kg/m³

P_c = % de partículas de sobretamaño



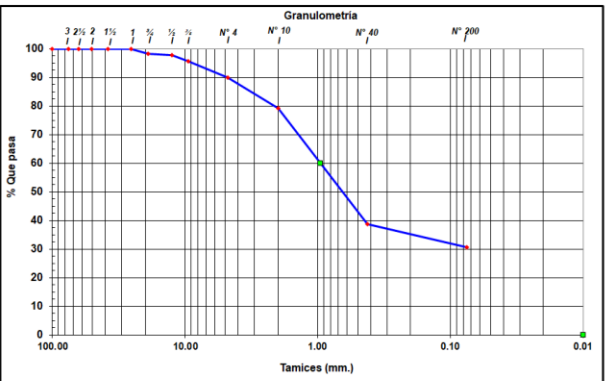
P_f = % de finos

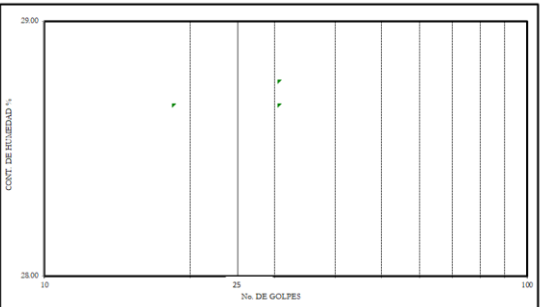
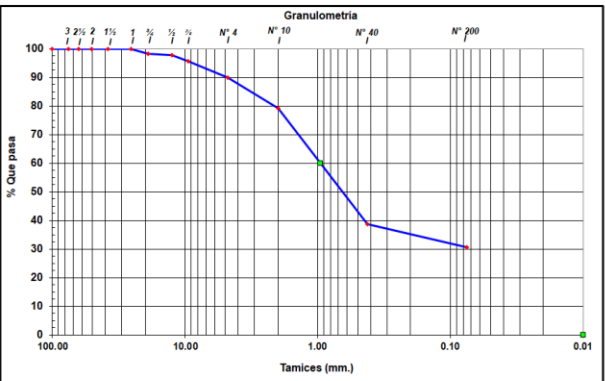
K = 1000 * G_m =


G_m = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m³

OBSERVACIONES

ENSAYOS DE LABORATORIO BANCO DE PRESTAMO DULCE MARIA

		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		RP7.8-1-3																																																																																																
		AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-F, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TEL: 2542-1590		Codigo																																																																																																
		CERTIFICADO DE RESULTADOS		N° de pagina																																																																																																
Direccion del cliente: SAN SALVADOR				1 de 1																																																																																																
				Solicita																																																																																																
				LEG SA DE CV																																																																																																
R-204020																																																																																																				
CLASIFICACION DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA, AASHTO M 145 Y ASTM D 2487 (*)																																																																																																				
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR																																																																																																				
PROCEDENCIA DEL MATERIAL: <u>BANCO ARMENIA</u> ESTACION: _____ LATERAL: _____ PROF. (m): _____ FECHA MUESTREO: <u>9-may-24</u> FECHA DE ENSAYO: <u>14-may-24</u> FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO: <u>28-may-24</u>			Codigo consecutivo laboratorio: _____																																																																																																	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO AASHTO T11 Y T27 (**)																																																																																																				
Peso neto (g) <u>2763.6</u> Tara (g): <u>481.3</u> Peso Neto (g) <u>2282.3</u> Ret. #4 (g): <u>228.4</u> Hum. inicial% <u>0.0</u> Peso a lavar, pasa #4 (g) <u>2053.9</u> Peso Seco Neto (g) <u>2282.3</u> Hum. inicial pasa #4 % <u>0.0</u> % Pasa No. 4 <u>90.0</u> seco a lavar, pasa #4 (g) <u>2053.9</u>		(*) ENSAYO NO ACREDITADO (**) ENSAYOS ACREDITADO																																																																																																		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS EN LABORATORIO AASHTO T-265 (**)																																																																																																				
TARA No. _____ TARA + MUESTRA HÚMEDA (g) _____ TARA + MUESTRA SECA (g) _____ PESO AGUA (g) _____ TARA (g) _____ PESO SUELO SECO (g) _____ CONT. DE AGUA R _____ PROMEDIO W% _____		PESOS SECOS EN GRANULOMETRÍA MAT. LAVADO EN LA No.200 _____ PESO SECO (g) _____ INICIAL _____ RET. TOTAL EN No. 200 _____ PASA LAVADO No 200 _____ 698.20																																																																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Abertura en mm.</th> <th>Peso ret. parcial (g)</th> <th>% Retenido Parcial</th> <th>% Ret. Acumulado</th> <th>% Que pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>100.0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3"</td><td>76.2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.5</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.8</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.1</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.4</td><td>0.0</td><td>0</td><td>0</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19</td><td>39.5</td><td>2</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.5</td><td>11.5</td><td>1</td><td>2</td><td>98</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.5</td><td>46.0</td><td>2</td><td>4</td><td>96</td></tr> <tr><td>No.4</td><td>4.75</td><td>131.4</td><td>6</td><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>No.10</td><td>2.0</td><td>246.2</td><td>11</td><td>21</td><td>79</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.425</td><td>925.1</td><td>41</td><td>61</td><td>39</td></tr> <tr><td>No.200</td><td>0.075</td><td>184.4</td><td>8</td><td>69</td><td>31</td></tr> <tr><td>PASA No.200</td><td></td><td>698.2</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>SUMA</td><td></td><td>2282.3</td><td>100</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa	4"	100.0	0	0	0	100	3"	76.2	0	0	0	100	2 1/2"	63.5	0.0	0	0	100	2"	50.8	0.0	0	0	100	1 1/2"	38.1	0.0	0	0	100	1"	25.4	0.0	0	0	100	3/4"	19	39.5	2	2	98	1/2"	12.5	11.5	1	2	98	3/8"	9.5	46.0	2	4	96	No.4	4.75	131.4	6	10	90	No.10	2.0	246.2	11	21	79	No. 40	0.425	925.1	41	61	39	No.200	0.075	184.4	8	69	31	PASA No.200		698.2	31			SUMA		2282.3	100		
TAMIZ	Abertura en mm.	Peso ret. parcial (g)	% Retenido Parcial	% Ret. Acumulado	% Que pasa																																																																																															
4"	100.0	0	0	0	100																																																																																															
3"	76.2	0	0	0	100																																																																																															
2 1/2"	63.5	0.0	0	0	100																																																																																															
2"	50.8	0.0	0	0	100																																																																																															
1 1/2"	38.1	0.0	0	0	100																																																																																															
1"	25.4	0.0	0	0	100																																																																																															
3/4"	19	39.5	2	2	98																																																																																															
1/2"	12.5	11.5	1	2	98																																																																																															
3/8"	9.5	46.0	2	4	96																																																																																															
No.4	4.75	131.4	6	10	90																																																																																															
No.10	2.0	246.2	11	21	79																																																																																															
No. 40	0.425	925.1	41	61	39																																																																																															
No.200	0.075	184.4	8	69	31																																																																																															
PASA No.200		698.2	31																																																																																																	
SUMA		2282.3	100																																																																																																	
%GRAVA: 10 %ARENA: 59 %FINOS: 31																																																																																																				
D ₁₀ : 0.00 D ₃₀ : 0.00 D ₆₀ : 0.96 C _u : 0.0 C _c : 0.00																																																																																																				
																																																																																																				
LÍMITES DE ATTERBERG AASHTO T89 Y T90 (**)																																																																																																				
LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO																																																																																																	
Tara No.	1	2	3	4	5	6																																																																																														
No. Golpes																																																																																																				
P.S.H+T(g)																																																																																																				
P.S.S+T(g)																																																																																																				
P.Tara(g)	21.18	21.19	21.17	21.15	21.15	21.19																																																																																														
P.S.S (g)																																																																																																				
P. Agua																																																																																																				
Humedad(%)																																																																																																				
RESULTADOS	LL		LP		IP																																																																																															
	NO PRACTICABLE			NO PLASTICO																																																																																																
OBSERVACIONES: _____																																																																																																				
CLASIFICACIÓN: SUCS: SM AASHTO: A-2-4 (0) Laboratorista: <u>Ricardo Mendez</u> DESCRIPCIÓN: <u>SM: Arena limosa con poca grava, no plastica.</u> Revisó: <u>Jesus Lemus</u>																																																																																																				



	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES		RP7.8-1-3-3	
			Código:	
			No de pagina:	1/1
	Avenida Jajoye y Calle Camaraqua, N° 1F, Cal. Jardines de La Libertad, N° 1, Santa Tecla		Solicitante:	LEG SA DE CV
		Tel. 2556-0517, 2556-0521, 2556-0522 Fax: 2556-0523		

R-01-052024

(*) Ensayo No Acreditado

(**) Ensayo Acreditado

ENSAYO GRANULOMETRICO POR LAVADO, AASHTO T-11 ()**

Proyecto:	TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		
Ubicación:	Armenia-La Libertad	F. Emisión de Certificado:	28-may-24
Muestra No:	1	Material:	Tierra Blanca
Procedencia	Banco Armenia		
Fecha de muestreo:	9-may-24	Fecha de ensayo:	15-may-24
Codigo Consecutivo de laboratorio		Elaboro:	Ing. Carlos Avilés

CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ No. 200

Peso seco de la muestra original	B	2,282.3 g
Peso seco de la muestra después del lavado	C	1,584.1 g
Peso del material lavado	D = B - C	698.2 g
Porcentaje de material que pasa la malla No. 200 por lavado	$A = (D / B) \cdot 100$	31 %
Porcentaje de material mayor que la malla No. 200	100 - A	69 %

Observaciones: _____

Ing. Jesús Lemus

Jefe de Laboratorio

Tec. Cesar Brizuela.

Tecnico Analista

FIN DE CERTIFICADO

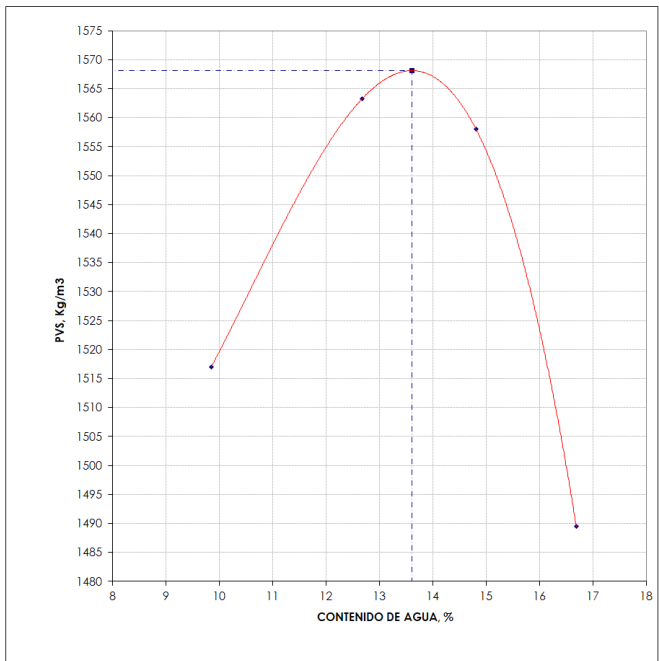
leg. S.A. DE C.V.	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523
--------------------------	---

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PROCEDENCIA	BANCO ARMENIA	LATERAL	-
FECHA MUESTREO:	9/5/2024	PCA	PROF. -
FECHA ENSAYO:	14/5/2024	No. DE CAPA	-

EMISION DE CERTIFICADO: 28/5/2024 CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.

ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180											
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4		
% Agua de proyecto	10.0%	12.0%	14.0%	16.0%		10.0%	12.0%	14.0%	16.0%		
Agua de proyecto, cc	600	720	840	960	Tara	#1	#6	#7	#12		
P. s. humedo + molde (g)	9631	9834	9892	9784	Peso T + peso Suelo H., g	329.6	322.6	331.3	377.5		
Peso del molde, (g)	6080	6080	6080	6080	Peso T + peso Suelo Seco, g	306.5	294.4	297.9	333.8		
Peso de suelo húmedo, (g)	3551	3754	3812	3704	Peso Tara, g	72.0	72.1	72.4	72.0		
Volumen del molde, (cm ³)	2131	2131	2131	2131	Peso agua, g	23.1	28.2	33.4	43.7		
P. Vol. Humedo, (Kg/m ³)	1666	1762	1789	1738	Peso Suelo Seco	234.5	222.3	225.5	261.8		
P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1517	1563	1558	1490	Contenido de agua, (%)	9.9	12.7	14.8	16.7		
					P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1517	1563	1558	1490		



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 1568 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC.: 13.6 %

METODO: "D"

No. Capas: 5

No. Golpes/ capa: 56

Diametro de Molde: 6"

Peso martillo, Lbs: 10

Altura de caída de martillo: 18"

Realizó: Melvin Henríquez

Revisó: Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL P.V.S. max

Gs(bulk) de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc	%
P _S , g	Densidad de finos, Df	Kg/m ³
P _{SS} , g	Porcentaje de finos, Pf	%
P _{SUM} , g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,	%
Gm(bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,	%
% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%

CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)

Dd = 100 * D_f * K / (D_f * P_c + K * P_f) = **Kg/m³**

Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m³

Df = Densidad Seca de finos, Kg/m³

Pc = % de partículas de sobretamaño

Pf = % de finos

K = 1000 * Gm =

Gm = Densidad bulk: seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m³

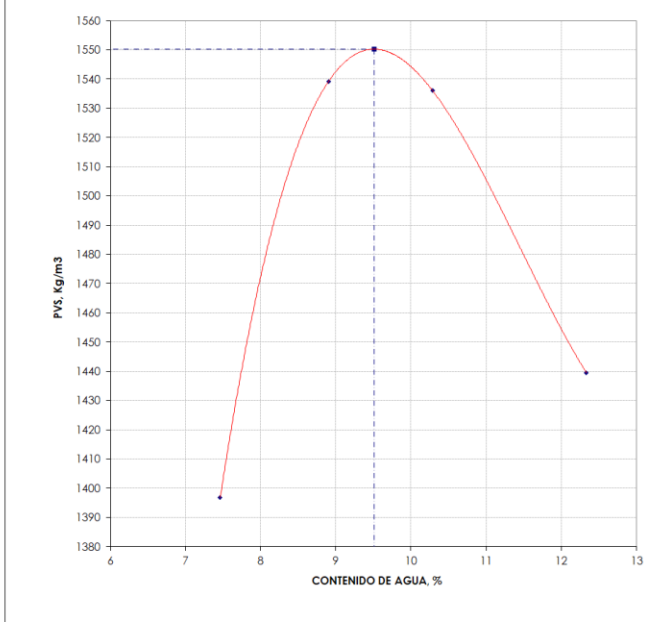
OBSERVACIONES

	LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523
---	---

PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR			
PROCEDENCIA	BANCO ARMENIA 4% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-
FECHA MUESTREO:	9/5/2024	PCA	PROF. -
FECHA ENSAYO:	17/5/2024	No. DE CAPA	-

MISION DE CERTIFICADO: 21/5/2024 CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.

ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180									
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	8.0%	10.0%	12.0%	14.0%		8.0%	10.0%	12.0%	14.0%
Agua de proyecto, cc	480	600	720	840	Tara	#20	#21	#22	#23
P. s. humeda + molde (g)	5604	5770	5787	5714	Peso T + peso Suelo H., g	350.2	245.9	207.4	199.1
Peso del molde, (g)	4181	4181	4181	4181	Peso T + peso Suelo Seco, g	328.0	228.3	190.9	180.6
Peso de suelo húmedo, (g)	1423	1589	1606	1533	Peso Tara, g	30.6	30.6	30.5	30.6
Vólumen del molde, (cm ³)	948	948	948	948	Peso agua, g	22.2	17.6	16.5	18.5
P. Vol. Humedo, (Kg/m ³)	1501	1676	1694	1617	Peso Suelo Seco	297.4	197.7	160.4	150.0
P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1397	1539	1536	1440	Contenido de agua, (%)	7.5	8.9	10.3	12.3
					P. Vol. Seco, (Kg/m ³)	1397	1539	1536	1440



CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 1550 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 9.5 %

METODO "C"

No. Capas 5

No. Golpes/ capa 25

Diametro de Molde 4"

Peso martillo, Lbs 10

Altura de caída de martillo 18"

Realizó: _____
Melvin Henríquez

Revisó: _____
Ing. Jesús Lemus

CALCULOS PARA CORRECCION DEL PVSmax			
Gs (bulk) de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, P _c		%
PS, g	Densidad de finos, D _f		Kg/m ³
PSS, g	Porcentaje de finos, P _f		%
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		%
Gm (bulk)	%HUMEDAD DE FINOS,		%
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%

CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)	
Dd = 100 * D_f * K / (D_f * P_c + K * P_f) =	Kg/m³
Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m ³	
Df = Densidad Seca de finos, Kg/m ³	
Pc = % de partículas de sobretamaño	
Pf = % de finos	
K = 1000 * Gm =	
Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m ³	

OBSERVACIONES

leg, S.A. DE C.V.		LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES AVENIDA JAYAQUE Y CALLE COMASAGUA, N° 1-A, COLONIA JARDINES DE LA LIBERTAD, SANTA TECLA TELS: 2556-0517, 2556-0520, 2556-0521, 2556-0522 Fax = 2556-0523							
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR									
PROCEDENCIA	BANCO ARMENIA 5% DE CEMENTO NOVACEM	LATERAL	-						
FECHA MUESTREO:	9/5/2024	PCA	- PROF. -						
FECHA ENSAYO:	17/5/2024	No. DE CAPA	-						
MISION DE CERTIFICADO: 21/5/2024		CODIGO CONSECUTIVO DE LABORATORIO.							
ENSAYO RELACION DENSIDAD - HUMEDAD AASHTO T 180									
Ensayo No.	1	2	3	4	Ensayo No.	1	2	3	4
% Agua de proyecto	6.0%	8.0%	10.0%	12.0%		6.0%	8.0%	10.0%	12.0%
Agua de proyecto, cc	360	480	600	720	Tara				
P. s. humedo + molde (g)	5505	5591	5612	5580	Peso T + peso Suelo H., g	390.2	381.6	257.6	273.8
Peso del molde, (g)	4181	4181	4181	4181	Peso T + peso Suelo Seco, g	371.0	359.5	240.0	253.0
Peso de suelo húmedo, (g)	1324	1410	1431	1399	Peso Tara, g	48.2	48.2	48.1	72.3
Vólumen del molde, (cm³)	948	948	948	948	Peso agua, g	19.2	22.1	17.6	20.8
P. Val. Humedo, (Kg/m³)	1397	1487	1509	1476	Peso Suelo Seco	322.8	311.3	191.9	180.7
P. Val. Seco, (Kg/m³)	1318	1389	1383	1323	Contenido de agua, (%)	5.9	7.1	9.2	11.5
					P. Val. Seco, (Kg/m³)	1318	1389	1383	1323

CALCULOS DE TENDENCIA DE GRAFICO PROCTOR

PESO VOL. SECO MAXIMO: 1401 Kg/m³

HUMEDA OPTIMA, COMPAC. : 7.9 %

METODO "C"

No. Capas 5

No. Golpes/ capa 25

Diametro de Molde 4"

Peso martillo, Lbs 10

Altura de caída de martillo 18"

Realizó: _____
Melvin Henriquez

Revisó: _____
Ing. Jesús Lemus


CALCULOS PARA CORRECCION DEL PVSmax				CORRECCION DE P.V.S. max (AASHTO T 224)			
Gs[bulk] de gruesos:	% PARTICULAS SOBRETAMAÑO, Pc		%	Dd = 100 * Df * K / (Df * Pc + K * Pf) =	Kg/m³		
PS . g	Densidad de finos, Df		Kg/m3	Dd = Densidad Seca Máxima Corregida, Kg/m3			
PSS, g	Porcentaje de finos, Pf		%	Df = Densidad Seca de finos, Kg/m3			
PSUM, g	%HUMEDAD DE SOBRETAMAÑO,		%	Pc = % de partículas de sobretamaño			
Gm[bulk]	%HUMEDAD DE FINOS,		%	Pf = % de finos			
	% HUMEDAD OPTIMA CORREGIDA		%	K = 1000 * Gm =			
				Gm = Densidad bulk seca de las partículas de sobretamaño, Kg/m3			
OBSERVACIONES							

ANEXO 2

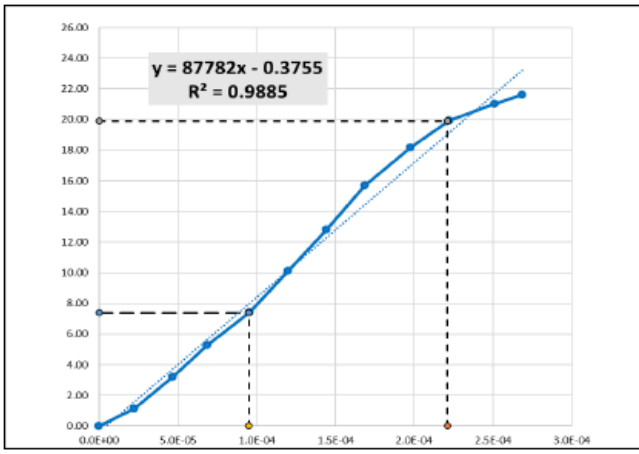
RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO

PORCENTAJE DE CEMENTO 3%

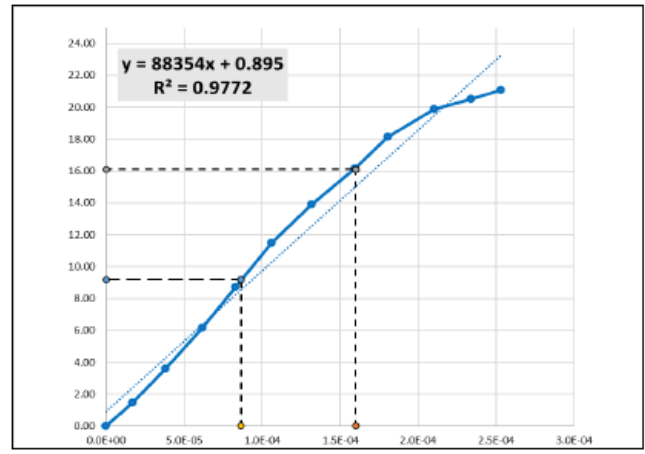
CANTERA CORTEN

TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7867-4100, (503) 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com info@tp.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	15-may-24	Fecha de ingreso:	17-may-24	Fecha de ensayo:	18-may-24	Hora de ensayo:	11:05 A.M.	Numero de muestra:	Briqueta #1				
Fecha de edición:	20-may-24	Fecha de emisión:	20-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
102.90	120.04	120.30	114.41	101.60	101.71	101.80	101.70	1.12	2196.8	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2299	
Área				Ecuación Calibrada de Anillo				$Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$					
Resistencia Máxima				Especimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Estuerzo máx.				No. De Muestra				Peso Tara (g)					
Modulo de Elasticidad				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA043) hacia el Puerto La Libertad				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					
Orden de trabajo	671/052024	Código de muestra	1978/052024							Peso Tara + Muestra Seca (g)			
										Humedad, %			
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lb)	Carga (Kg)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.24	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	22	204.5	92.7	1.14	0.00010	0.00254	0.25	81.24	1.14	2.2200E-05	0.00%	0.01%	
2	60	570.9	258.9	3.19	0.00021	0.00533	0.50	81.24	3.19	4.6620E-05	0.00%	0.01%	
3	99	946.4	429.2	5.28	0.00031	0.00787	0.75	81.24	5.28	6.8821E-05	0.01%	0.01%	
4	139	1330.9	603.6	7.43	0.00043	0.01092	1.00	81.25	7.43	9.5461E-05	0.01%	0.01%	
5	189	1810.7	821.2	10.11	0.00054	0.01372	1.25	81.25	10.11	1.1988E-04	0.01%	0.01%	
6	240	2298.9	1042.6	12.83	0.00065	0.01651	1.50	81.25	12.83	1.4430E-04	0.01%	0.01%	
7	294	2814.8	1276.6	15.71	0.00076	0.01930	1.75	81.25	15.71	1.6872E-04	0.02%	0.01%	
8	340	3253.3	1475.4	18.16	0.00089	0.02261	2.00	81.25	18.16	1.9758E-04	0.02%	0.01%	
9	378	3567.4	1617.9	19.92	0.00100	0.02540	2.25	81.26	19.91	2.2200E-04	0.02%	0.01%	
10	394	3767.1	1708.4	21.03	0.00113	0.02870	2.50	81.26	21.02	2.5086E-04	0.03%	0.01%	
11	400	3871.6	1755.8	21.61	0.00121	0.03073	2.75	81.26	21.61	2.6862E-04	0.03%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 671/052024, Código de muestra 1978/052024; reportado en Informe INF. ENS. 671 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052024.													
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0396, Vernier EQ-TPLAB-0842, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0460, balanza EQ-TPLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													
										Esquema de falla 			

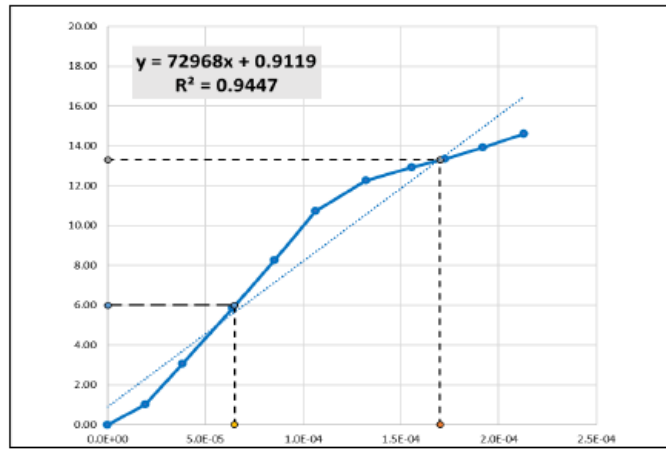
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SELTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL: (503) 2243-4278, (503) 7897-8105, (503) 7243-3744 email: geotecnia@gmail.com labgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	15-may-24	Fecha de ingreso:	17-may-24	Fecha de ensayo:	18-may-24	Hora de ensayo:	11:20 A.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	20-may-24	Fecha de emisión:	20-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
119.60	119.35	119.50	119.48	101.70	101.64	101.74	101.69	1.17	2140.4	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2206		
Área			81.22	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$								CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216		
Resistencia Máxima			1712.7	Especimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU								Peso Tara (g)		122.0
Esfuerzo máx.			21.08	No. De Muestra Briqueta #2								Peso Tara + Muestra Húmeda (g)		2288.0
Modulo de Elasticidad			93,877.6	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA045) hacia el Puerto La Libertad								Peso Tara + Muestra Seca (g)		2098.0
Orden de trabajo	671/052024	Código de muestra	1978/052024									Humedad, %		9.6%
Medición #	LECTURA ANILLO	CARGA (Lbf)	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (kgf/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.22	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	28	262.4	119.0	1.47	0.00008	0.00203	0.25	81.22	1.47	1.7007E-05	0.00%	0.01%		
2	68	648.0	293.9	3.62	0.00018	0.00457	0.50	81.23	3.62	3.8265E-05	0.00%	0.01%		
3	115	1100.3	499.0	6.14	0.00029	0.00737	0.75	81.23	6.14	6.1649E-05	0.01%	0.01%		
4	168	1561.3	708.1	8.72	0.00039	0.00991	1.00	81.23	8.72	8.2907E-05	0.01%	0.01%		
5	215	2059.7	934.1	11.50	0.00050	0.01270	1.25	81.23	11.50	1.0629E-04	0.01%	0.01%		
6	250	2490.1	1129.3	13.90	0.00062	0.01575	1.50	81.23	13.90	1.3180E-04	0.01%	0.01%		
7	302	2891.1	1311.2	16.14	0.00075	0.01905	1.75	81.24	16.14	1.5944E-04	0.02%	0.01%		
8	340	3253.3	1475.4	18.17	0.00085	0.02159	2.00	81.24	18.16	1.8059E-04	0.02%	0.01%		
9	372	3557.9	1613.6	19.87	0.00099	0.02515	2.25	81.24	19.86	2.1046E-04	0.02%	0.01%		
10	384	3672.0	1665.3	20.50	0.00110	0.02794	2.50	81.24	20.50	2.3384E-04	0.02%	0.01%		
11	395	3776.6	1712.7	21.09	0.00119	0.03023	2.75	81.24	21.08	2.5297E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructural): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 671/052024, Código de muestra 1978/052024; reportado en Informe INF. ENS. 671 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader H-3800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0396, Vernier EQ-TLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														
										Esquema de falla				




BRIQUETA #1

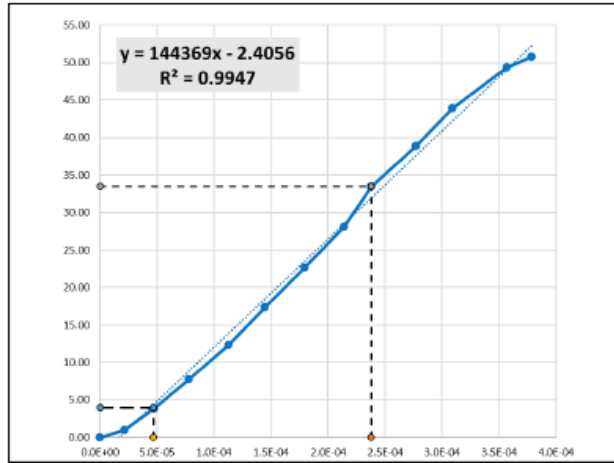


BRIQUETA #2

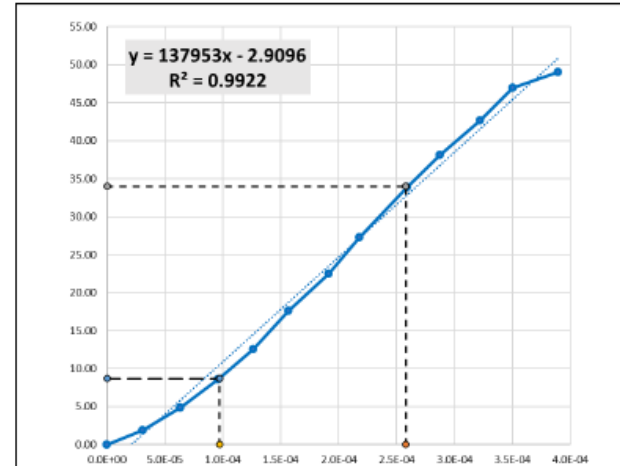


BRIQUETA #3

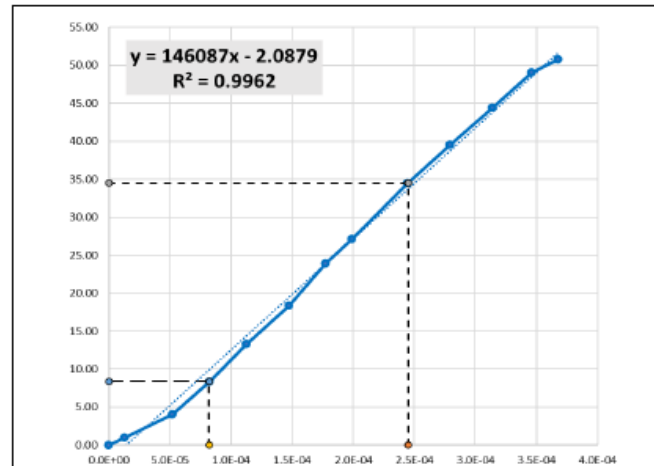
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIQUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7897-8109, (503) 7343-3744 email: info@geotecnia@gmail.com lab@geotecnia@gmail.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	27-may-24	Hora de ensayo:	3:05 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2				
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
116.61	116.62	116.67	116.63	101.82	101.90	101.83	101.85	1.15	2104.9	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2215	
Área			81.47	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Resistencia Máxima			3992.2	Especimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)					152.8
Esfuerzo máx.			48.98	No. De Muestra Briqueta #2				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					964.9
Modulo de Elasticidad			157,142.9	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA046) hacia el Puerto La Libertad				Peso Tara + Muestra Seca (g)					897.9
Orden de trabajo	721,052024	Codigo de muestra		2100/052024				Humedad, %					9.0%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kgf/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.47	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	35	339.5	154.0	1.89	0.00014	0.00356	0.33	81.48	1.89	3.0489E-05	0.00%	0.01%	
2	92	879.1	398.7	4.89	0.00029	0.00737	0.67	81.48	4.89	6.3155E-05	0.01%	0.01%	
3	161	1542.1	699.4	8.58	0.00044	0.01118	1.00	81.48	8.58	9.5822E-05	0.01%	0.01%	
4	236	2260.7	1025.3	12.58	0.00058	0.01473	1.33	81.48	12.58	1.2631E-04	0.01%	0.01%	
5	331	3167.6	1436.6	17.63	0.00072	0.01829	1.67	81.49	17.63	1.5680E-04	0.02%	0.01%	
6	422	4033.0	1829.0	22.45	0.00088	0.02235	2.00	81.49	22.45	1.9164E-04	0.02%	0.01%	
7	514	4904.5	2224.2	27.30	0.00100	0.02540	2.33	81.49	27.29	2.1778E-04	0.02%	0.01%	
8	640	6092.5	2763.1	33.91	0.00119	0.03023	2.67	81.49	33.91	2.5915E-04	0.03%	0.01%	
9	720	6843.6	3103.7	38.09	0.00132	0.03353	3.00	81.50	38.08	2.8746E-04	0.03%	0.01%	
10	808	7666.8	3477.0	42.68	0.00148	0.03759	3.33	81.50	42.66	3.2231E-04	0.03%	0.01%	
11	890	8431.0	3823.6	46.93	0.00161	0.04089	3.67	81.50	46.91	3.5062E-04	0.04%	0.01%	
12	980	8802.9	3992.2	49.00	0.00179	0.04547	4.00	81.50	48.98	3.8982E-04	0.04%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721,052024, Código de muestra 2100/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.													
Los equipos involucrados corresponden a máquina Master/Loader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0086, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0386, Vernier EQ-TLAB-0340, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													
										Esquema de falla			
													



BRIQUETA #1, 3% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS



BRIQUETA #2, 3% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS



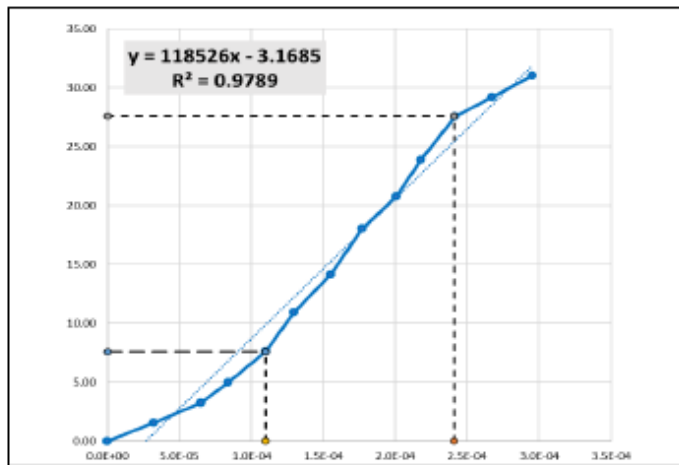
BRIQUETA #3, 3% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS

CANTERA ECON

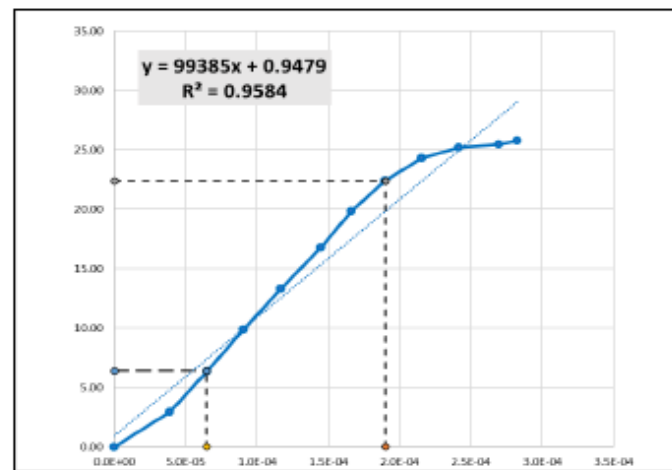
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTONIO CUSCATLÁN Y CALLE LOS LÍRICOS, # 19-B, ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2543-4278, (503) 7987-8109, (503) 7242-3744 email: asesor@tplab.com tplab@tplab.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	2:10 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3					
Fecha de edición:	27-may-24	Fecha de emisión:	27-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo (días):	3					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
117.90	117.64	117.94	117.89	101.60	101.50	101.57	101.52	1.16	2007.1	0.0% a 2%	1 - 4 mm/min	2101		
Área				Ecuación Calibrada de Anillo				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216						
61.05				cm ²				Y = -0.0002X + 9.66X - 7.9419				Peso Tara (g)		163.0
Resistencia Máxima				Especimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					2257.0	
2205.7				Kgf				Peso Tara + Muestra Seca (g)					2069.1	
Esfuerzo máx.				No. De Muestra Briqueta #3				Humedad, %					10.0%	
34.61				Kg/cm ²				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)						
Modulo de Elasticidad														
134.941.4				Kg/cm ²										
Orden de trabajo	687/052024	Código de muestra	2010/052024											
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Concigida (mm ²)	Esfuerzo Concigido (kg/cm ²)	DL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.05	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	20	185.2	84.0	1.04	0.00008	0.00028	0.25	81.05	1.04	1.8380E-05	0.00%	0.01%		
2	49	464.9	210.8	2.60	0.00020	0.00058	0.50	81.05	2.60	4.5090E-05	0.00%	0.01%		
3	80	763.9	346.3	4.27	0.00031	0.00087	0.75	81.05	4.27	9.9708E-05	0.01%	0.01%		
4	126	1209.0	547.0	6.75	0.00043	0.01082	1.00	81.05	6.75	8.0943E-05	0.01%	0.01%		
5	190	1820.2	825.5	10.18	0.00054	0.01372	1.25	81.06	10.18	1.1924E-04	0.01%	0.01%		
6	250	2384.9	1099.0	13.40	0.00069	0.01879	1.50	81.06	13.40	1.4920E-04	0.01%	0.01%		
7	320	3062.0	1398.0	17.14	0.00090	0.02037	1.75	81.06	17.14	1.7239E-04	0.02%	0.01%		
8	374	3579.9	1622.2	20.02	0.00099	0.02235	2.00	81.06	20.01	1.8860E-04	0.02%	0.01%		
9	436	4165.0	1898.3	23.31	0.00100	0.02540	2.25	81.06	23.31	2.1545E-04	0.02%	0.01%		
10	499	4762.9	2158.9	26.95	0.00111	0.02918	2.50	81.07	26.94	2.3912E-04	0.02%	0.01%		
11	562	5357.8	2458.8	29.80	0.00128	0.03179	2.75	81.07	29.87	2.6831E-04	0.03%	0.01%		
12	610	5810.2	2635.0	32.51	0.00135	0.03428	3.00	81.07	32.50	2.8099E-04	0.03%	0.01%		
13	650	6199.9	2805.7	34.92	0.00150	0.03810	3.25	81.07	34.91	3.2317E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, cuando inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante. La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 687/052024. Código de muestra 2010/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina Master/Loader M-2000 Marca HUMBOLDT EG-TPLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EG-TPLAB-0499. Cinta métrica EG-TPLAB-0336. Vernier EG-TPLAB-0342. Calibrador de lamina EG-TPLAB-0485. Balanza EG-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tplab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2543-4278														

Esquema de falla

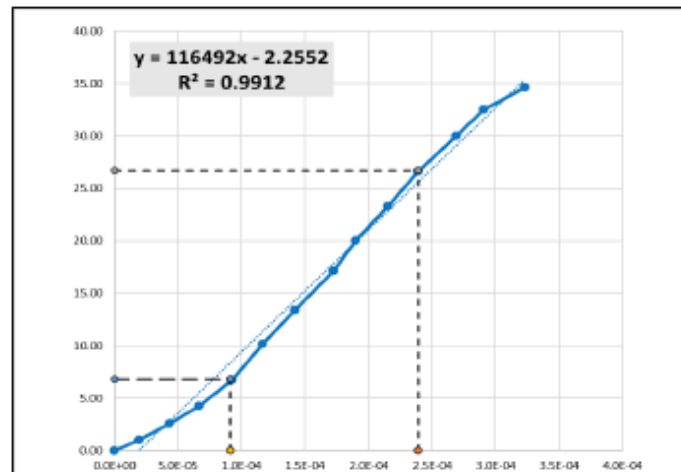




BRIQUETA #1, 3% NOVACEM - ECON



BRIQUETA #2, 3% NOVACEM - ECON



BRIQUETA #3, 3% NOVACEM - ECON

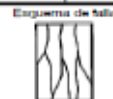
INF. ENS. 721 – LEG, S.A DE C.V – TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.

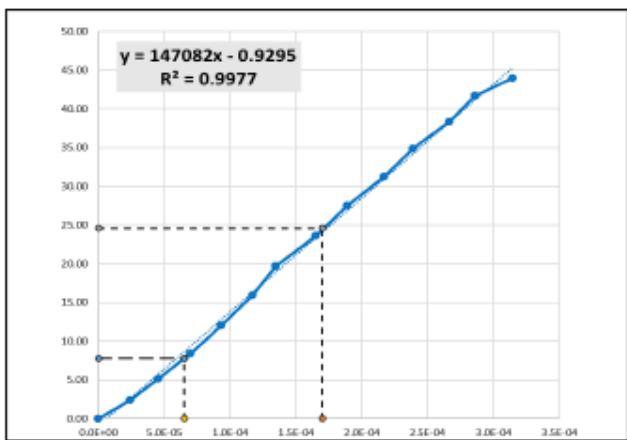
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQO CUSCATLÁN Y CALLE LOS LÍRICO, # 19-D, ANTIQO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL.: (503) 2443-4274, (503) 7407-8104, (503) 7440-2744 mail: laboratorio@tplab.com info@tplab.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo:	1:40 P.M.	Numero de muestra:	Briquet #1					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestra realizada por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pinela					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
117.05	117.00	117.12	117.06	101.30	102.05	101.84	101.93	1.15	2030.4	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2126		
Área			81.80	Ecuación Calibrada de Anillo				Y = -0.0002X² + 0.65X - 7.9419						
Resistencia Máxima			3587.0	Especimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tare (g)					125.0	
Esfuerzo máx.			43.94	No. De Muestra				Briquet #1					Peso Tare + Muestra Móveda (g)	2221.0
Modulo de Elasticidad			180.000.0	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantero ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Peso Tare + Muestra Seca (g)					2017.0	
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2050/052024	Humedad, %								10.8%		
Medición #	Leerura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.80	0.00	0.00/+00	0.00%	0.00%		
1	44	430.0	187.7	2.42	0.00011	0.00276	0.25	81.80	2.42	2.3988E-05	0.00%	0.01%		
2	30	836.0	424.8	5.21	0.00021	0.00533	0.50	81.80	5.21	4.5568E-05	0.00%	0.01%		
3	150	1513.3	809.3	8.41	0.00032	0.00813	0.75	81.81	8.41	6.8436E-05	0.01%	0.01%		
4	224	2165.0	861.8	12.03	0.00043	0.01080	1.00	81.81	12.03	6.3305E-05	0.01%	0.01%		
5	299	2962.5	1286.2	15.81	0.00054	0.01372	1.25	81.81	15.81	1.1717E-04	0.01%	0.01%		
6	370	3531.8	1804.8	18.87	0.00062	0.01573	1.50	81.81	18.87	1.3453E-04	0.01%	0.01%		
7	445	4251.2	1820.0	23.93	0.00079	0.01830	1.75	81.81	23.92	1.8481E-04	0.02%	0.01%		
8	519	4851.7	2245.7	27.52	0.00087	0.02010	2.00	81.82	27.52	1.8078E-04	0.02%	0.01%		
9	590	5621.8	2548.0	31.24	0.00100	0.02240	2.25	81.82	31.24	2.1688E-04	0.02%	0.01%		
10	660	6200.5	2846.3	34.81	0.00110	0.02794	2.50	81.82	34.80	2.3968E-04	0.02%	0.01%		
11	725	6980.4	3124.8	38.30	0.00123	0.03124	2.75	81.82	38.28	2.6600E-04	0.03%	0.01%		
12	791	7500.0	3405.0	41.73	0.00132	0.03353	3.00	81.82	41.72	2.8643E-04	0.03%	0.01%		
13	854	7808.4	3587.0	43.86	0.00145	0.03603	3.25	81.83	43.84	3.1463E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, cuando inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante. La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024. Código de muestra 2050/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader H-2000 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0485. Cinta métrica EQ-TLAB-0336. Vernier EQ-TLAB-0342. Calibrador de lámina EQ-TLAB-0465. balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tplab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4276														

Esquema de falla

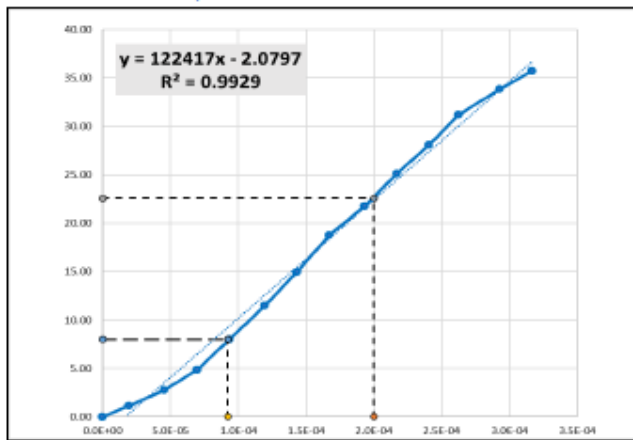


TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LERIOS, # 19-D, ANTIQUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL.: (503) 2243-4278, (503) 7187-8189, (503) 7243-2744 www.tplabgeotecnia.com info@tplabgeotecnia.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo:	2:00 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3				
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7				
Muestra realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
117.15	117.00	117.25	117.13	101.90	101.81	101.70	101.80	1.15	1995.2	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2093	
Área				Ecuación Calibrada de Anillo				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
3417.7				Y = -0.0002X ² + 0.86X - 7.9418				Peso Tara (g)				146.0	
Resistencia Máxima				Espécimen de Suelo-Cemento al 3% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)				2176.0	
Esfuerzo máx.				No. De Muestra Briqueta #3				Peso Tara + Muestra Seca (g)				1901.0	
Modulo de Elasticidad				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Humedad, %				10.6%	
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra		2090/052024									
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lb)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Correjada (mm²)	Esfuerzo Correjado (kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	e/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.40	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	30	261.7	127.7	1.57	0.00010	0.00254	0.25	81.40	1.57	2.1685E-05	0.00%	0.01%	
2	64	906.5	279.4	3.40	0.00018	0.00403	0.50	81.40	3.40	4.1201E-05	0.00%	0.01%	
3	110	1052.2	477.2	5.86	0.00031	0.00787	0.75	81.40	5.86	9.7223E-05	0.01%	0.01%	
4	166	1506.5	684.6	10.87	0.00041	0.01041	1.00	81.41	10.87	8.9807E-05	0.01%	0.01%	
5	240	2480.1	1128.3	13.87	0.00050	0.01271	1.25	81.41	13.87	1.1276E-04	0.01%	0.01%	
6	354	3308.9	1535.8	18.87	0.00090	0.02184	1.50	81.41	18.87	1.3041E-04	0.01%	0.01%	
7	413	3847.5	1780.3	21.88	0.00075	0.01805	1.75	81.41	21.88	1.8294E-04	0.02%	0.01%	
8	486	4926.9	2104.1	25.85	0.00084	0.02134	2.00	81.41	25.85	1.8215E-04	0.02%	0.01%	
9	544	5187.8	2352.8	28.90	0.00101	0.02565	2.25	81.42	28.90	2.1602E-04	0.02%	0.01%	
10	597	5907.8	2678.5	31.98	0.00112	0.02845	2.50	81.42	31.98	2.4207E-04	0.02%	0.01%	
11	654	6224.2	2822.7	34.98	0.00124	0.03150	2.75	81.42	34.97	2.6058E-04	0.03%	0.01%	
12	712	6766.6	3068.7	37.71	0.00130	0.03302	3.00	81.42	37.70	2.8180E-04	0.03%	0.01%	
13	794	7539.0	3417.7	41.98	0.00143	0.03632	3.25	81.42	41.97	3.1008E-04	0.03%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestra (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024. Código de muestra 2090/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.													
Los equipos involucrados corresponden a máquina Master/Loader H-2000 Marca HUMBOLDT EQ-TPLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499. Cinta métrica EQ-TPLAB-0336. Vernier EQ-TPLAB-0342. Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465. Balanza EQ-TPLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el mayor grado de confiabilidad de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envían por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tplab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													

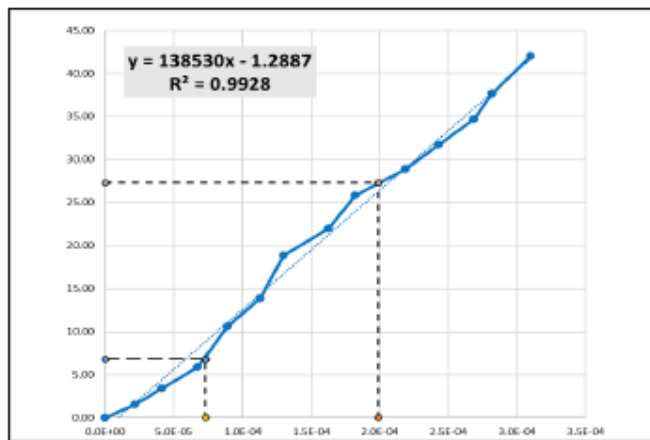




BRIQUETA #1, 3% NOVACEM – ECON – 7 DIAS



BRIQUETA #2, 3% NOVACEM – ECON – 7 DIAS




BRIQUETA #3, 3% NOVACEM – ECON – 7 DIAS

ANEXO 3

RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO


PORCENTAJE DE CEMENTO 4%

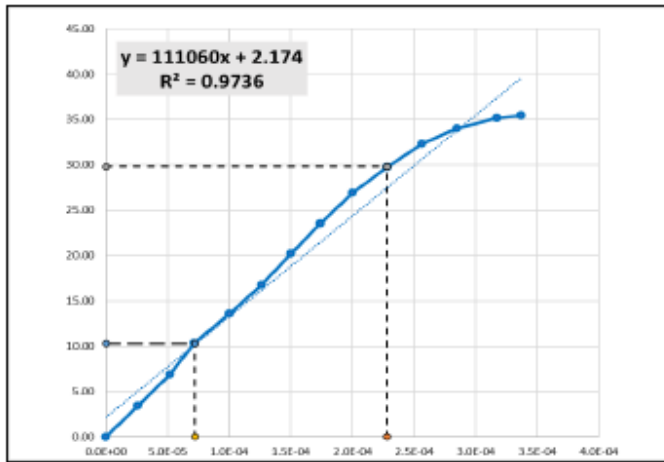
CANTERA CORTEN

TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQO CUSCATLAN Y CALLE LOS LÍRIOS, # 19-D, ANTIQUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL: (503) 2345 4278, (503) 7847 8118, (503) 7343 3744 www.tplabgeotecnia.com.tl info@tplabgeotecnia.com														
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA																		
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR																		
Solicitante: LEG. S.A. DE C.V.																		
ENSAJO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)																		
Fecha de elaboración:	16-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	1:15 P.M.	Numero de muestra:	Briquetta #1									
Fecha de edición:	24-may-24	Fecha de emisión:	24-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3									
Maestro realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pinela									
DATOS DE LABORATORIO																		
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)						
116.94	116.00	116.92	116.99	101.93	101.80	101.85	101.96	1.15	2093.8	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2198						
Área				Ecuación Calibrada de Anillo				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216										
21.49				cm ²				Y = -0.0002X ² + 9.55X - 7.9419				Peso Tare (g)		316.0				
Resistencia Máxima				2890.9				Kgf				Espécimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tare + Muestra Húmeda (g)		2445.1
Esfuerzo máx.				35.46				Kg/cm ²				No. De Muestra Briquetta #1				Peso Tare + Muestra Seca (g)		2273.0
Modulo de Elasticidad				125,000.0				Kg/cm ²				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA048) hacia el Puerto La Libertad				Humedad, %		8.8%
Orden de trabajo	607/052024			Código de muestra			2009/052024											
Medición #	Leeura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm ²)	Esfuerzo Corregido (Kgf/cm ²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min						
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.48	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%						
1	85	619.1	280.8	3.45	0.00012	0.00305	0.25	81.48	3.45	2.9077E-05	0.00%	0.01%						
2	129	1234.9	560.0	6.87	0.00024	0.00610	0.50	81.48	6.87	5.2153E-05	0.01%	0.01%						
3	194	1852.8	842.9	10.34	0.00033	0.00836	0.75	81.48	10.34	7.1710E-05	0.01%	0.01%						
4	255	2442.4	1107.6	13.58	0.00049	0.01196	1.00	81.50	13.59	8.8960E-05	0.01%	0.01%						
5	315	3015.1	1367.4	16.78	0.00050	0.01473	1.25	81.50	16.78	1.2904E-04	0.01%	0.01%						
6	350	3634.0	1645.1	20.22	0.00068	0.01753	1.50	81.50	20.22	1.4884E-04	0.01%	0.01%						
7	443	4032.2	1818.4	23.55	0.00090	0.02032	1.75	81.50	23.55	1.7304E-04	0.02%	0.01%						
8	507	4635.3	2184.2	26.83	0.00087	0.02337	2.00	81.50	26.82	1.8882E-04	0.02%	0.01%						
9	561	5348.4	2425.9	28.77	0.00105	0.02667	2.25	81.51	28.79	2.2817E-04	0.02%	0.01%						
10	610	5810.2	2635.0	32.34	0.00110	0.02887	2.50	81.51	32.33	2.5942E-04	0.03%	0.01%						
11	662	6111.3	2771.9	34.01	0.00121	0.03327	2.75	81.51	34.00	2.8497E-04	0.03%	0.01%						
12	664	6316.1	2885.4	35.19	0.00149	0.03700	3.00	81.51	35.15	3.1729E-04	0.03%	0.01%						
13	670	6374.5	2890.9	35.46	0.00155	0.03837	3.25	81.52	35.46	3.3602E-04	0.03%	0.01%						
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante. La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 607/052024. Código de muestra 2009/052024; reportado en Informe IHP. ENS. 607 - LEG. S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.																		
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader M-2000 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0496. Cinta métrica EQ-TLAB-0336. Vernier EQ-TLAB-0342. Calibrador de lámina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.																		
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB S.A. de C.V.																		
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB S.A. de C.V.																		
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB S.A. de C.V.																		
El laboratorio de TPLAB S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envían por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278																		
										Esquema de falta								
																		

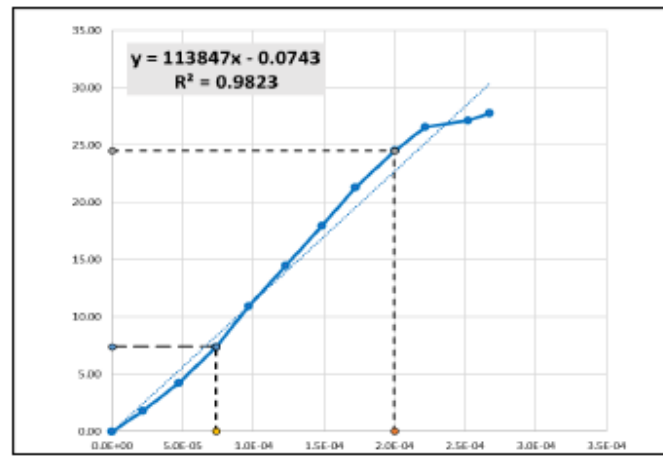
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIRIOS, # 19-D, ANTIQUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (504) 2543-4276 (504) 7897-8198, (504) 7143-2144 www.tplab.com.sv info@tplab.com.sv										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	16-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	1:25 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	24-may-24	Fecha de emisión:	24-may-24	Plan de muestras:	N.A.	Método de muestras:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3					
Muestra realizada por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pinada					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto (%/min)	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
117.90	118.06	117.04	117.93	101.70	101.70	101.64	101.77	1.16	2059.9	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2157		
Área			81.34	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.95X - 7.9419$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216						
Resistencia Máxima			2259.5	Espécimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tara (g)						145.1
Esfuerzo máx.			27.76	No. De Muestra Briqueta #2				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)						2083.1
Modulo de Elasticidad			135.177.9	Material utilizado procedente de Banco de Prístamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA046) hacia el Puerto La Libertad				Peso Tara + Muestra Seca (g)						2079.0
Orden de trabajo	687/052024	Código de muestra	2009/052024									Humedad, %		9.5%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lb)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Correjada (mm²)	Esfuerzo Correjado (kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.0000	0.0000	0.00	81.34	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	34	320.3	145.2	1.79	0.0010	0.0024	0.25	81.34	1.79	2.153E-05	0.00%	0.01%		
2	60	763.6	346.3	4.56	0.0022	0.0059	0.50	81.34	4.56	4.730E-05	0.00%	0.01%		
3	130	1321.3	599.2	7.37	0.0034	0.0084	0.75	81.36	7.37	7.323E-05	0.01%	0.01%		
4	205	1954.0	890.7	10.95	0.0045	0.0143	1.00	81.36	10.95	9.692E-05	0.01%	0.01%		
5	271	2595.2	1177.0	14.47	0.0057	0.0148	1.25	81.36	14.47	1.227E-04	0.01%	0.01%		
6	336	3215.7	1458.2	17.93	0.0069	0.0173	1.50	81.36	17.93	1.486E-04	0.01%	0.01%		
7	400	3824.1	1734.3	21.32	0.0080	0.0200	1.75	81.36	21.32	1.753E-04	0.02%	0.01%		
8	465	4393.3	1992.4	24.50	0.0092	0.0230	2.00	81.36	24.49	2.003E-04	0.02%	0.01%		
9	499	4762.6	2159.9	26.65	0.0103	0.0261	2.25	81.36	26.65	2.216E-04	0.02%	0.01%		
10	510	4866.6	2207.1	27.13	0.0117	0.0292	2.50	81.36	27.13	2.500E-04	0.03%	0.01%		
11	522	4900.1	2258.5	27.77	0.0124	0.0310	2.75	81.36	27.76	2.670E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, cuando inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 687/052024. Código de muestra 2009/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina Master/Loader H-2000 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499. Cinta métrica EQ-TLAB-0336. Vernier EQ-TLAB-0342. Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465. Balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Marque sus guías, reclamos o sugerencias a: tplab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4276														



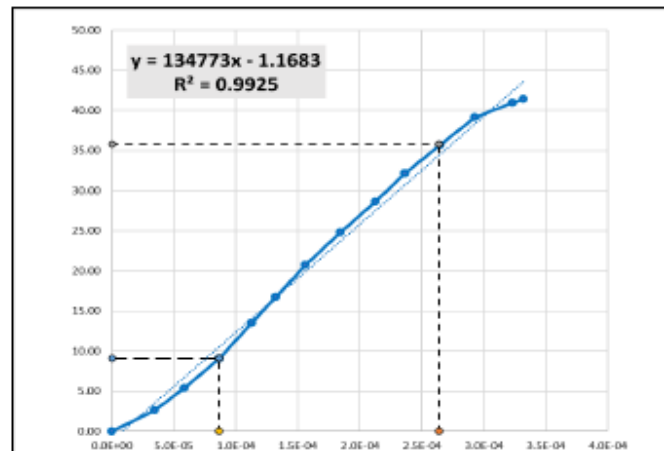
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA		URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQO CUSCATLAN Y CALLE LOS RERIOS, # 19-D, ANTIQO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2348 4276, (503) 7887 8199, (503) 7343 3744 email: ventas@tplab.com informes@tplab.com																							
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRÍA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA																									
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR																									
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.																									
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)																									
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	1:35 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3																
Fecha de edición:	24-may-24	Fecha de emisión:	24-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3																
Muestra realizada por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda																
DATOS DE LABORATORIO																									
Altura 1 (mm)	116.97	Altura 2 (mm)	117.05	Altura 3 (mm)	117.15	Altura media (mm)	117.05	Diámetro 1 (mm)	101.64	Diámetro 2 (mm)	101.95	Diámetro 3 (mm)	101.81	Diámetro Medio (mm)	101.87	L/D	1.15	Peso Espécimen (g)	2110.9	Deformación Unitaria por minuto %/min	0.5% a 2%	mm/min	1 - 4 mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	2213
Área		91.50		cm²		Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.86X - 7.9412$											CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216								
Resistencia Máxima		3375.3		Kgf		Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU											Peso Tara (g)		155.0						
Esfuerzo máx.		41.40		Kg/cm²		No. De Muestra Briqueta #3											Peso Tara + Muestra Húmeda (g)		2295.0						
Modulo de Elasticidad		150.253.2		Kg/cm²		Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA048) hacia el Puerto La Libertad											Peso Tara + Muestra Seca (g)		2120.0						
Orden de trabajo	607/052024	Código de muestra	2009/052024										Humedad, %		9.5%										
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	s/min													
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	91.50	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%													
1	50	474.6	215.2	2.64	0.00016	0.00406	0.25	91.50	2.64	3.4718E-05	0.00%	0.01%													
2	100	976.3	440.3	5.43	0.00027	0.00606	0.50	91.50	5.43	6.9507E-05	0.01%	0.01%													
3	170	1608.6	733.6	9.06	0.00040	0.01016	0.75	91.51	9.06	1.0795E-04	0.01%	0.01%													
4	263	2493.2	1099.0	13.48	0.00052	0.01321	1.00	91.51	13.48	1.4593E-04	0.01%	0.01%													
5	315	3015.1	1367.4	16.78	0.00061	0.01549	1.25	91.51	16.78	1.9236E-04	0.01%	0.01%													
6	390	3729.0	1691.2	20.75	0.00072	0.01829	1.50	91.51	20.75	2.5923E-04	0.02%	0.01%													
7	466	4400.2	2018.2	24.76	0.00085	0.02159	1.75	91.51	24.76	3.2444E-04	0.02%	0.01%													
8	540	5150.1	2335.7	28.65	0.00099	0.02489	2.00	91.52	28.65	4.1265E-04	0.02%	0.01%													
9	607	5782.0	2622.2	32.17	0.00109	0.02769	2.25	91.52	32.17	5.3662E-04	0.02%	0.01%													
10	675	6421.4	2912.2	35.73	0.00122	0.03099	2.50	91.52	35.73	7.0473E-04	0.03%	0.01%													
11	740	7030.9	3188.6	38.12	0.00135	0.03429	2.75	91.52	38.11	9.2824E-04	0.03%	0.01%													
12	778	7388.4	3337.2	40.35	0.00149	0.03786	3.00	91.53	40.93	1.2331E-03	0.03%	0.01%													
13	794	7442.6	3375.3	41.42	0.00153	0.03986	3.25	91.53	41.40	1.5199E-03	0.03%	0.01%													
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													Esquema de toma 												
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 607/052024. Código de muestra 2009/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.																									
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader H-2000 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036. Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499. Cinta métrica EQ-TLAB-0336. Vernier EQ-TLAB-0342. Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465. Balanza EQ-TLAB-0017.																									
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.																									
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.																									
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.																									
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tplab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4270																									



BRIQUETA #1, 4% NOVACEM - CORTEN




BRIQUETA #2, 4% NOVACEM - CORTEN

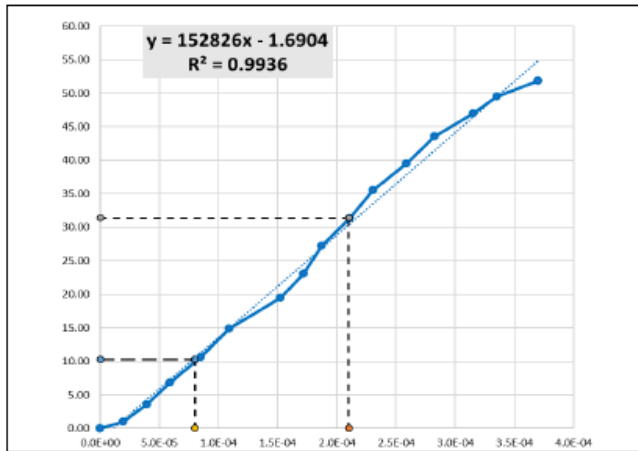


BRIQUETA #3, 4% NOVACEM - CORTEN

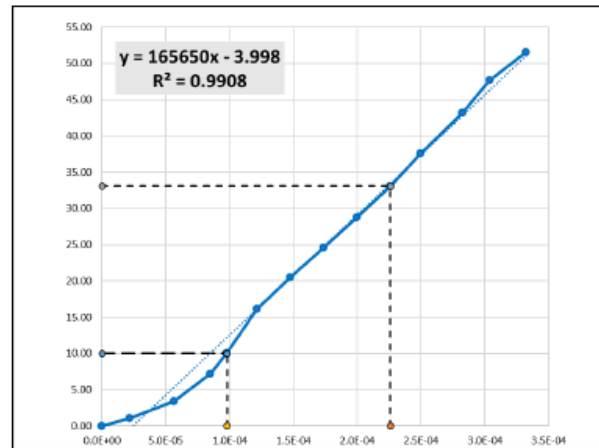
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBRIS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7887-8189, (503) 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com tplabgeotecnia@gmail.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo:	1:10 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #1				
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidaigo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
116.70	116.81	116.73	116.75	101.90	101.80	101.74	101.81	1.15	2094.6	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2204	
Área				Ecuación Calibrada de Anillo				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Resistencia Máxima				Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418				Peso Tara (g)					
Esfuerzo máx.				Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					
Modulo de Elasticidad				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturro (Carretera CA049) hacia el Puerto La Libertad				Peso Tara + Muestra Seca (g)					
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2097/052024					Humedad, %					
Medición #	LECTURA ANILLO	CARGA (Lbf)	CARGA (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (kgf/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	s/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	51.41	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	19	175.5	79.6	0.90	0.00009	0.00229	0.25	51.42	0.90	1.9501E-05	0.00%	0.01%	
2	68	640.0	293.9	3.61	0.00016	0.00457	0.50	51.42	3.61	3.9162E-05	0.00%	0.01%	
3	128	1225.3	555.7	6.03	0.00027	0.00606	0.75	51.42	6.02	5.0743E-05	0.01%	0.01%	
4	199	1906.5	864.6	10.62	0.00039	0.00991	1.00	51.42	10.62	6.4050E-05	0.01%	0.01%	
5	278	2662.1	1207.3	14.93	0.00050	0.01270	1.25	51.42	14.93	1.0679E-04	0.01%	0.01%	
6	365	3491.3	1563.4	19.45	0.00070	0.01776	1.50	51.43	19.45	1.5230E-04	0.02%	0.01%	
7	424	4146.8	1850.6	23.10	0.00079	0.02007	1.75	51.43	23.10	1.7165E-04	0.02%	0.01%	
8	512	4855.5	2215.7	27.21	0.00096	0.02184	2.00	51.43	27.21	1.8711E-04	0.02%	0.01%	
9	591	5631.3	2553.9	31.37	0.00097	0.02464	2.25	51.43	31.36	2.1104E-04	0.02%	0.01%	
10	670	6374.5	2890.9	35.51	0.00106	0.02692	2.50	51.43	35.50	2.3062E-04	0.02%	0.01%	
11	746	7007.1	3214.1	39.45	0.00119	0.03023	2.75	51.44	39.47	2.5090E-04	0.03%	0.01%	
12	825	7825.4	3546.9	43.59	0.00130	0.03302	3.00	51.44	43.50	2.6253E-04	0.03%	0.01%	
13	890	8431.0	3823.6	46.96	0.00145	0.03663	3.25	51.44	46.95	3.1547E-04	0.03%	0.01%	
14	940	8890.7	4034.3	49.55	0.00154	0.03912	3.50	51.44	49.54	3.3505E-04	0.03%	0.01%	
15	985	9313.1	4223.6	51.80	0.00170	0.04316	3.75	51.44	51.86	3.6906E-04	0.04%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2097/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.													
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0336, Vernier EQ-TPLAB-0842, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													



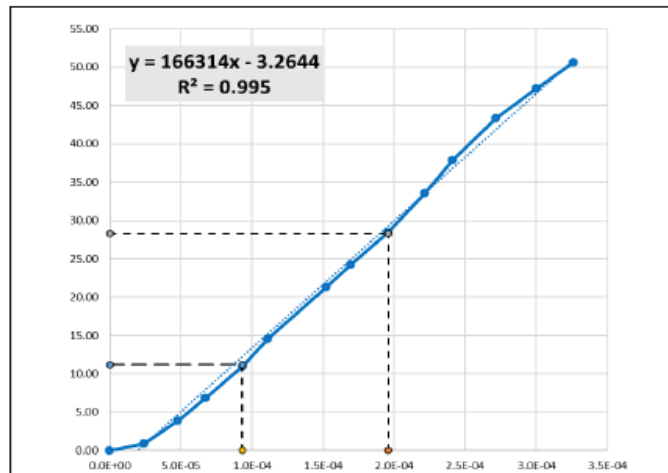
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIQUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIQUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, 06037987-8159, 0603 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com info@geotecnia.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo:	1:20 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto (%/min)	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.90	117.00	117.00	116.98	101.91	101.80	101.75	101.82	1.10	2092.8	0.0% a 2%	1 - 4 mm/min	2197		
Área			81.42	Ecuación Calibrada de Anillo				Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418		CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216				
Resistencia Máxima			4194.2	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU						Peso Tara (g)		142.0		
Esfuerzo máx.			51.49	No. De Muestra				Briqueta #2		Peso Tara + Muestra Húmeda (g)		2283.0		
Modulo de Elasticidad			180,468.8	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera CORTEN ubicada a la altura de la Curva del Papaturo (Carretera CA040) hacia el Puerto La Libertad						Peso Tara + Muestra Seca (g)		2090.0		
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2097/052024							Humedad, %		9.9%		
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kgf/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.42	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	21	194.8	88.4	1.09	0.00010	0.00254	0.25	81.43	1.09	2.1712E-05	0.00%	0.01%		
2	65	619.1	280.8	3.45	0.00025	0.00660	0.50	81.43	3.45	5.6452E-05	0.01%	0.01%		
3	135	1292.5	586.2	7.20	0.00039	0.00991	0.75	81.43	7.20	8.4679E-05	0.01%	0.01%		
4	188	1801.1	816.8	10.03	0.00045	0.01143	1.00	81.43	10.03	9.7706E-05	0.01%	0.01%		
5	302	2891.1	1311.2	16.10	0.00056	0.01422	1.25	81.43	16.10	1.2159E-04	0.01%	0.01%		
6	384	3672.0	1665.3	20.45	0.00068	0.01727	1.50	81.44	20.45	1.4764E-04	0.01%	0.01%		
7	462	4412.3	2001.0	24.58	0.00080	0.02032	1.75	81.44	24.57	1.7370E-04	0.02%	0.01%		
8	541	5159.6	2339.9	28.74	0.00092	0.02337	2.00	81.44	28.73	1.9975E-04	0.02%	0.01%		
9	623	5992.6	2690.5	33.04	0.00104	0.02642	2.25	81.44	33.04	2.2581E-04	0.02%	0.01%		
10	709	6740.5	3056.9	37.54	0.00115	0.02921	2.50	81.45	37.53	2.4969E-04	0.02%	0.01%		
11	817	7750.8	3515.1	43.17	0.00130	0.03302	2.75	81.45	43.16	2.8226E-04	0.03%	0.01%		
12	905	8570.6	3886.9	47.74	0.00140	0.03556	3.00	81.45	47.72	3.0397E-04	0.03%	0.01%		
13	978	9048.2	4194.2	51.51	0.00153	0.03886	3.25	81.45	51.49	3.3220E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2097/052024; reportado en informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0936, Vernier EQ-TPLAB-0942, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														
										Esquema de falla				
														



BRIQUETA #1, 4% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS





BRIQUETA #2, 4% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS




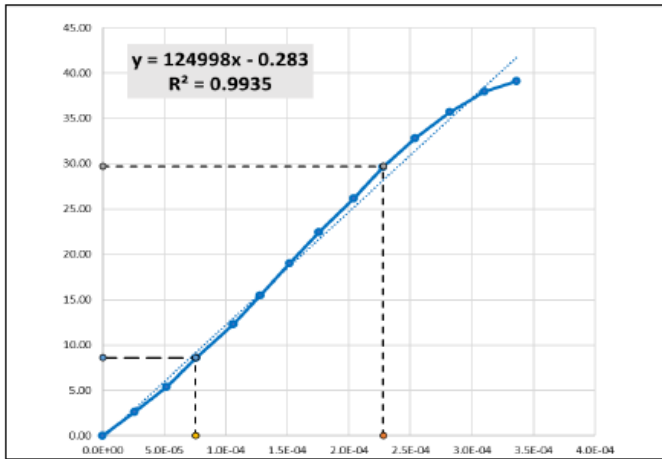
BRIQUETA #3, 4% NOVACEM – CORTEN – 7 DIAS

CANTERA ECON

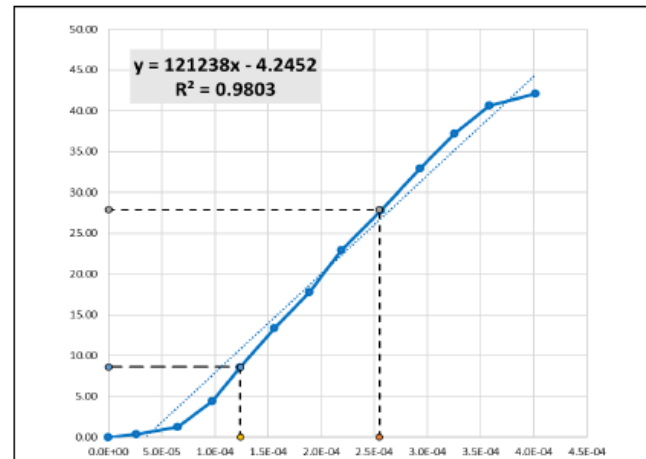
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGÜO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIRIOS, # 19-D, ANTIGÜO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7887-8189, (503) 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com tp.lab.geotecnia@gmail.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	2:30 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #1				
Fecha de edición:	27-may-24	Fecha de emisión:	27-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
117.00	117.05	117.15	117.07	101.54	101.54	101.02	101.53	1.15	2035.6	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2148	
Área			80.97	Ecuación Calibrada de Anillo				$Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$					
Resistencia Máxima			3167.4	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Esfuerzo máx.			39.11	No. De Muestra				Briqueta #1		Peso Tara (g)			121.0
Modulo de Elasticidad			138,360.7	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)			2225.0		
Orden de trabajo	687/052024	Código de muestra	2011/052024	Peso Tara + Muestra Seca (g)				2046.0		Humedad, %			9.3%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	80.97	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	50	474.6	215.2	2.66	0.00012	0.00305	0.25	80.97	2.66	2.6036E-05	0.00%	0.01%	
2	101	965.7	437.9	5.41	0.00024	0.00610	0.50	80.97	5.41	5.2073E-05	0.01%	0.01%	
3	150	1532.5	695.0	8.58	0.00035	0.00889	0.75	80.97	8.58	7.5940E-05	0.01%	0.01%	
4	229	2193.7	994.9	12.29	0.00049	0.01245	1.00	80.98	12.29	1.0532E-04	0.01%	0.01%	
5	289	2767.1	1254.9	15.50	0.00059	0.01499	1.25	80.98	15.50	1.2801E-04	0.01%	0.01%	
6	355	3396.2	1540.2	19.02	0.00070	0.01778	1.50	80.98	19.02	1.5188E-04	0.02%	0.01%	
7	420	4014.0	1820.4	22.48	0.00081	0.02057	1.75	80.98	22.48	1.7575E-04	0.02%	0.01%	
8	490	4677.4	2121.3	26.20	0.00094	0.02388	2.00	80.98	26.19	2.0395E-04	0.02%	0.01%	
9	550	5291.8	2399.9	29.64	0.00105	0.02667	2.25	80.99	29.63	2.2762E-04	0.02%	0.01%	
10	615	5857.3	2656.4	32.81	0.00117	0.02972	2.50	80.99	32.90	2.5386E-04	0.03%	0.01%	
11	670	6374.5	2890.9	35.70	0.00130	0.03302	2.75	80.99	35.69	2.8206E-04	0.03%	0.01%	
12	718	6778.0	3073.9	37.97	0.00143	0.03632	3.00	80.99	37.95	3.1027E-04	0.03%	0.01%	
13	735	6964.1	3167.4	39.12	0.00155	0.03937	3.25	80.99	39.11	3.3630E-04	0.03%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructural): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.											Esquema de falla		
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 687/052024, Código de muestra 2011/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.													
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader H-2900 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0096, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0396, Vernier EQ-TPLAB-0842, Calibrador de lámina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													

TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2343-4278, (503) 7887-8109, (503) 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com info@geotecnia.com											
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA															
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR															
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.															
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)															
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	2:45 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2						
Fecha de edición:	27-may-24	Fecha de emisión:	27-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3						
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda						
DATOS DE LABORATORIO															
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)			
116.90	117.09	117.13	117.04	101.60	101.77	101.84	101.74	1.15	2029.0	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2133			
Área			81.29	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216							
Resistencia Máxima			3421.9	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU				Peso Tara (g)					157.0		
Esfuerzo máx.			42.08	Kg/cm²				No. De Muestra Briqueta #2					Peso Tara + Muestra Húmeda (g)	2259.0	
Modulo de Elasticidad			147,328.2	Kg/cm²				Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)					Peso Tara + Muestra Seca (g)	2079.0	
Orden de trabajo	687/052024	Código de muestra	2011/052024						Humedad, %					9.4%	
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lb)	Carga (Kg)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min			
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.29	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%			
1	9	69.3	31.4	0.39	0.00012	0.00305	0.33	81.29	0.39	2.6042E-05	0.00%	0.01%			
2	24	223.8	101.5	1.25	0.00030	0.00762	0.67	81.30	1.25	6.5106E-05	0.01%	0.01%			
3	88	752.5	359.4	4.42	0.00045	0.01143	1.00	81.30	4.42	9.7659E-05	0.01%	0.01%			
4	160	1532.5	695.0	8.55	0.00057	0.01448	1.33	81.30	8.55	1.2370E-04	0.01%	0.01%			
5	250	2394.6	1086.0	13.36	0.00072	0.01829	1.67	81.30	13.36	1.5625E-04	0.02%	0.01%			
6	333	3186.7	1445.2	17.78	0.00087	0.02210	2.00	81.31	17.77	1.8881E-04	0.02%	0.01%			
7	430	4108.9	1863.4	22.92	0.00101	0.02565	2.33	81.31	22.92	2.1919E-04	0.02%	0.01%			
8	522	4980.1	2288.5	27.78	0.00118	0.02997	2.67	81.31	27.78	2.5608E-04	0.03%	0.01%			
9	620	5904.4	2677.7	32.94	0.00135	0.03429	3.00	81.32	32.93	2.9298E-04	0.03%	0.01%			
10	701	6665.4	3022.9	37.19	0.00150	0.03810	3.33	81.32	37.17	3.2553E-04	0.03%	0.01%			
11	757	7283.6	3303.2	40.63	0.00165	0.04191	3.67	81.32	40.62	3.5808E-04	0.04%	0.01%			
12	795	7545.4	3421.9	42.09	0.00185	0.04699	4.00	81.32	42.08	4.0149E-04	0.04%	0.01%			
13															
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructural): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.															
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 687/052024, Código de muestra 2011/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.															
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0336, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.															
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.															
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.															
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.															
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2348-4278															
											Esquema de falla				

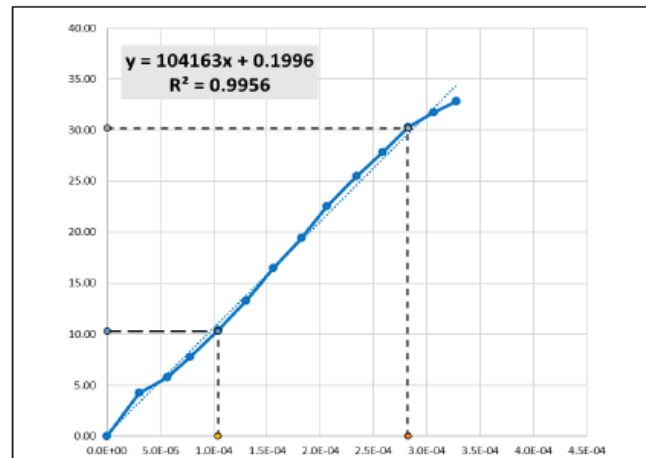
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIRIOS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278,(503)7887-8169,(503)7243-3744 email: geotecnia@gmail.com tblabgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	20-may-24	Fecha de ensayo:	21-may-24	Hora de ensayo:	3:00 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3					
Fecha de edición:	27-may-24	Fecha de emisión:	27-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.90	117.12	116.80	116.94	102.05	101.94	101.80	101.93	1.15	2083.9	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2184		
Área			81.60	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216						
Resistencia Máxima			2677.7	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)						153.0
Esfuerzo máx.			32.80	No. De Muestra Briqueta #3				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)						2260.1
Modulo de Elasticidad			111,797.8	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Peso Tara + Muestra Seca (g)						2122.0
Orden de trabajo	687/052024	Código de muestra	2011/052024	Humedad, %						7.0%				
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Conegida (mm²)	Esfuerzo Conegido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.60	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	90	763.6	346.3	4.24	0.00014	0.00356	0.25	81.60	4.24	3.0409E-05	0.00%	0.01%		
2	108	1033.0	466.5	5.74	0.00025	0.00560	0.50	81.61	5.74	5.6473E-05	0.01%	0.01%		
3	146	1398.2	634.1	7.77	0.00036	0.00914	0.75	81.61	7.77	7.8194E-05	0.01%	0.01%		
4	195	1868.2	847.2	10.38	0.00048	0.01219	1.00	81.61	10.38	1.0426E-04	0.01%	0.01%		
5	250	2394.6	1086.0	13.31	0.00060	0.01524	1.25	81.61	13.31	1.3032E-04	0.01%	0.01%		
6	310	2967.4	1345.8	16.49	0.00072	0.01829	1.50	81.61	16.49	1.5639E-04	0.02%	0.01%		
7	365	3491.3	1583.4	19.40	0.00084	0.02134	1.75	81.62	19.40	1.8245E-04	0.02%	0.01%		
8	425	4061.4	1841.9	22.57	0.00095	0.02413	2.00	81.62	22.57	2.0635E-04	0.02%	0.01%		
9	480	4582.8	2078.4	25.47	0.00108	0.02743	2.25	81.62	25.46	2.3458E-04	0.02%	0.01%		
10	525	5036.4	2271.4	27.84	0.00119	0.03023	2.50	81.62	27.83	2.5847E-04	0.03%	0.01%		
11	572	5452.1	2472.6	30.30	0.00130	0.03302	2.75	81.62	30.29	2.8237E-04	0.03%	0.01%		
12	600	5716.1	2592.3	31.77	0.00141	0.03581	3.00	81.63	31.76	3.0626E-04	0.03%	0.01%		
13	620	5904.4	2677.7	32.81	0.00151	0.03835	3.25	81.63	32.80	3.2798E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 687/052024, Código de muestra 2011/052024; reportado en Informe INF. ENS. 687 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0336, Vernier EQ-TLAB-0542, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														
												Esquema de falla 		




BRIQUETA #1, 4% NOVACEM - ECON




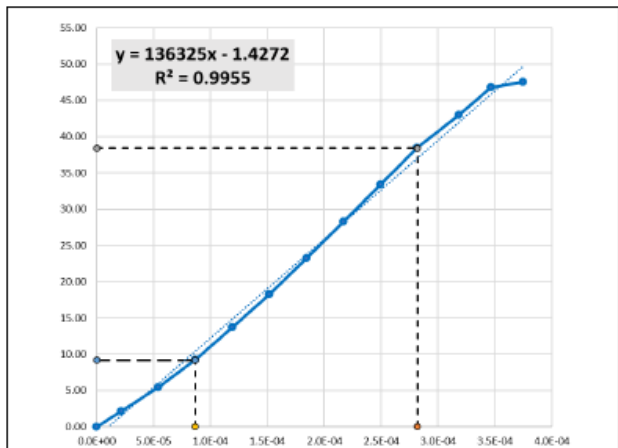
BRIQUETA #2, 4% NOVACEM - ECON



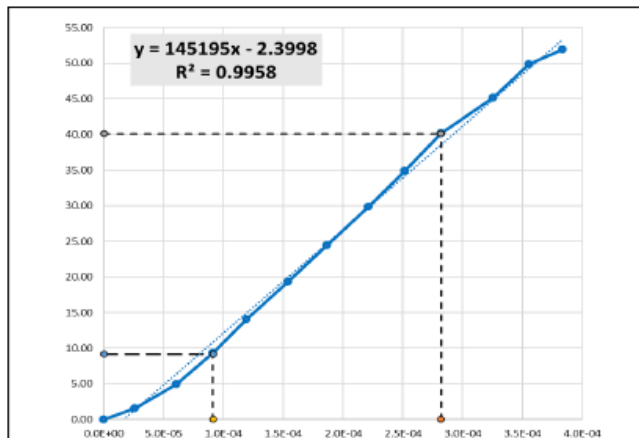
BRIQUETA #3, 4% NOVACEM - ECON

TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA		URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS RIOS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7887-8189, (503) 7243-3744 email: tp.lab.geotecnia@gmail.com tp.lab.geotecnia@gmail.com											
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo:	2:25 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2				
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ingr. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)	
117.10	117.25	117.03	117.13	101.91	102.05	102.09	102.02	1.15	2080.9	0.5% ± 2%	1 - 4 mm/min	2174	
Área			81.74	Ecuación Calibrada de Anillo				Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418					
Resistencia Máxima			4244.6	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Esfuerzo máx.			51.91	No. De Muestra Briqueta #2				Peso Tara (g)					121.0
Modulo de Elasticidad			161,780.1	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					2366.0
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2099/052024					Peso Tara + Muestra Seca (g)					2083.0
				Humedad, %								9.3%	
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kgf/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	s/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.74	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	30	281.7	127.7	1.56	0.00012	0.00305	0.33	81.74	1.56	2.6023E-05	0.00%	0.01%	
2	94	898.3	407.4	4.98	0.00028	0.00711	0.67	81.74	4.98	6.0721E-05	0.01%	0.01%	
3	175	1676.4	760.3	9.30	0.00042	0.01067	1.00	81.75	9.30	9.1081E-05	0.01%	0.01%	
4	265	2537.9	1151.0	14.08	0.00055	0.01397	1.33	81.75	14.08	1.1927E-04	0.01%	0.01%	
5	365	3491.3	1583.4	19.37	0.00071	0.01803	1.67	81.75	19.37	1.5397E-04	0.02%	0.01%	
6	462	4412.3	2001.0	24.48	0.00086	0.02184	2.00	81.75	24.48	1.8650E-04	0.02%	0.01%	
7	564	5376.7	2438.4	29.83	0.00102	0.02591	2.33	81.75	29.82	2.2120E-04	0.02%	0.01%	
8	661	6289.9	2852.6	34.90	0.00116	0.02946	2.67	81.75	34.89	2.5156E-04	0.03%	0.01%	
9	762	7236.8	3282.0	40.15	0.00130	0.03302	3.00	81.75	40.14	2.8192E-04	0.03%	0.01%	
10	859	8142.4	3692.7	45.18	0.00150	0.03810	3.33	81.77	45.16	3.2529E-04	0.03%	0.01%	
11	950	8988.6	4076.4	49.87	0.00164	0.04166	3.67	81.77	49.85	3.5565E-04	0.04%	0.01%	
12	990	9359.4	4244.6	51.93	0.00177	0.04496	4.00	81.77	51.91	3.8384E-04	0.04%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructural): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.													
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2099/052024; reportado en informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.													
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0336, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.													
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.													
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.													
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.													
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													
										Esquema de falla			
													

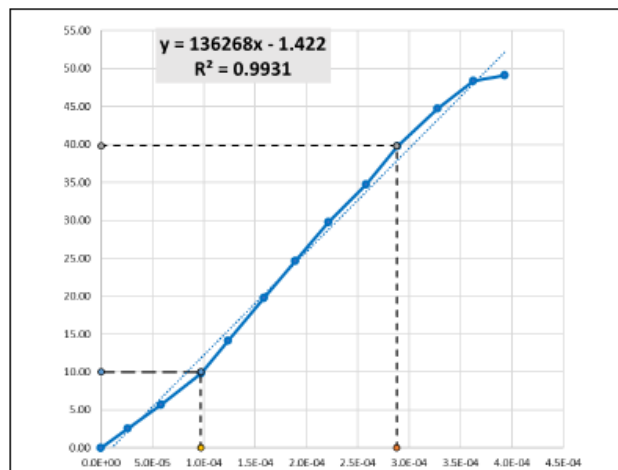
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4270, (503) 7987-4109, (503) 7343-2744 email: administracion@gmail.com administracion@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	18-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	25-may-24	Hora de ensayo	2:40 P.M.	Numero de muestra	Briqueta #3					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (Kg/m³)		
116.90	117.05	117.10	117.02	101.70	101.72	101.74	101.72	1.15	2028.8	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	2133		
Área		81.26	cm²	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216						
Resistencia Máxima		3992.2	Kgf	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)						183.0
Esfuerzo máx.		49.11	Kg/cm²	No. De Muestra Briqueta #3				Peso Tara + Muestra Humeda (g)						2277.0
Modulo de Elasticidad		156,020.9	Kg/cm²	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo La Cantera ECON ubicada a la altura de San Diego (Carretera CA02)				Peso Tara + Muestra Seca (g)						2100.0
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2099/052024					Humedad, %						9.2%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.26	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	46	459.3	206.5	2.54	0.00012	0.00305	0.33	81.27	2.54	2.6048E-05	0.00%	0.01%		
2	106	1013.8	459.8	5.66	0.00027	0.00696	0.67	81.27	5.66	5.8607E-05	0.01%	0.01%		
3	184	1752.7	799.4	9.84	0.00045	0.01143	1.00	81.27	9.84	9.7678E-05	0.01%	0.01%		
4	264	2528.4	1146.6	14.11	0.00057	0.01448	1.33	81.27	14.11	1.2373E-04	0.01%	0.01%		
5	370	3538.9	1604.9	19.75	0.00073	0.01854	1.67	81.28	19.75	1.5846E-04	0.02%	0.01%		
6	462	4412.3	2001.0	24.62	0.00087	0.02210	2.00	81.28	24.62	1.8844E-04	0.02%	0.01%		
7	559	5329.5	2417.0	29.74	0.00102	0.02591	2.33	81.28	29.74	2.2140E-04	0.02%	0.01%		
8	654	6224.2	2822.7	34.74	0.00119	0.03023	2.67	81.29	34.73	2.5831E-04	0.03%	0.01%		
9	750	7124.6	3231.1	39.75	0.00133	0.03378	3.00	81.29	39.75	2.8869E-04	0.03%	0.01%		
10	845	8012.0	3633.5	44.71	0.00151	0.03835	3.33	81.29	44.70	3.2777E-04	0.03%	0.01%		
11	915	8663.5	3929.0	48.35	0.00167	0.04242	3.67	81.29	48.33	3.6250E-04	0.04%	0.01%		
12	990	8802.9	3992.2	49.13	0.00181	0.04597	4.00	81.30	49.11	3.9288E-04	0.04%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2099/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina Master/Loader H-2900 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0936, Vernier EQ-TLAB-0942, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es valido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden unicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														
											Esquema de falla			
														



BRIQUETA #1, 4% NOVACEM – ECON – 7 DIAS



BRIQUETA #2, 4% NOVACEM – ECON – 7 DIAS



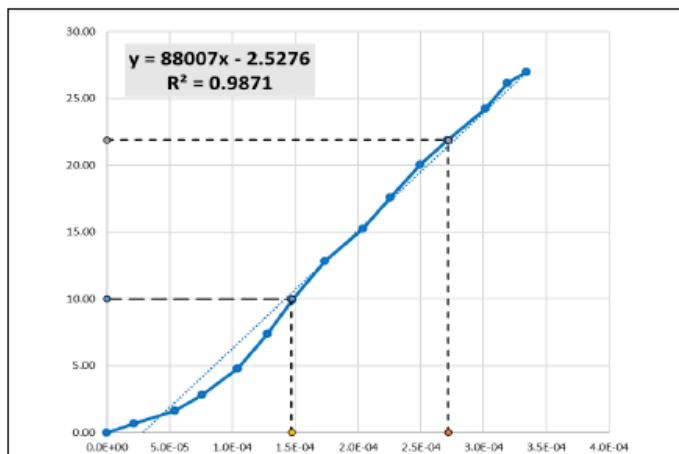
BRIQUETA #3, 4% NOVACEM – ECON – 7 DIAS

BANCO DE PRESTAMO DULCE MARIA

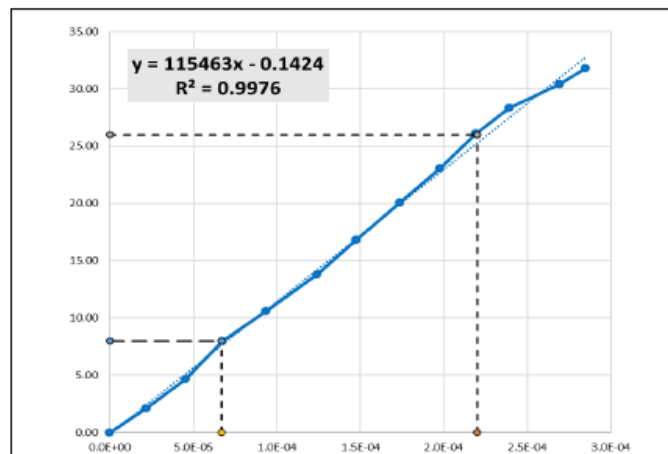
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7887-8189, (503) 7243-3744 email: ingenieria@tplab.com labgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	22-may-24	Fecha de ensayo:	23-may-24	Hora de ensayo:	2:40 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	28-may-24	Fecha de emisión:	28-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.80	116.88	116.95	116.88	101.90	101.85	101.80	101.85	1.15	1568.5	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	1647		
Área			81.47	Ecuación Calibrada de Anillo				Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418		CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216				
Resistencia Máxima			2588.0	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1157 Tipo GU						Peso Tara (g)				157.0
Esfuerzo máx.			31.76	No. De Muestra				Briqueta #2				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)		1808.1
Modulo de Elasticidad			117,647.1	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre la carretera CA08 (Hacia Sonsonate).								Peso Tara + Muestra Seca (g)		1497.0
Orden de trabajo	703/052024	Código de muestra	2059/052024									Humedad, %		23.2%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (n)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.47	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	40	378.1	171.5	2.10	0.00010	0.00254	0.25	81.47	2.10	2.1732E-05	0.00%	0.01%		
2	88	840.6	381.2	4.68	0.00021	0.00533	0.50	81.48	4.68	4.5638E-05	0.00%	0.01%		
3	150	1436.6	651.5	8.00	0.00031	0.00787	0.75	81.48	8.00	6.7370E-05	0.01%	0.01%		
4	199	1906.5	864.6	10.61	0.00043	0.01092	1.00	81.48	10.61	9.3449E-05	0.01%	0.01%		
5	259	2480.6	1125.0	13.81	0.00057	0.01448	1.25	81.48	13.81	1.2387E-04	0.01%	0.01%		
6	316	3024.6	1371.7	16.84	0.00068	0.01727	1.50	81.48	16.83	1.4778E-04	0.01%	0.01%		
7	377	3605.5	1635.1	20.07	0.00080	0.02032	1.75	81.49	20.07	1.7386E-04	0.02%	0.01%		
8	433	4137.3	1876.3	23.03	0.00091	0.02311	2.00	81.49	23.03	1.9776E-04	0.02%	0.01%		
9	491	4686.9	2125.6	26.09	0.00101	0.02565	2.25	81.49	26.08	2.1950E-04	0.02%	0.01%		
10	534	5093.5	2310.0	28.35	0.00110	0.02794	2.50	81.49	28.35	2.3906E-04	0.02%	0.01%		
11	573	5481.6	2476.9	30.40	0.00124	0.03150	2.75	81.49	30.39	2.6948E-04	0.03%	0.01%		
12	599	5706.6	2588.0	31.77	0.00131	0.03327	3.00	81.50	31.76	2.8469E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 703/052024, Código de muestra 2059/052024; reportado en informe INF. ENS. 703 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina Master/Loader H-2900 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0336, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lámina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														



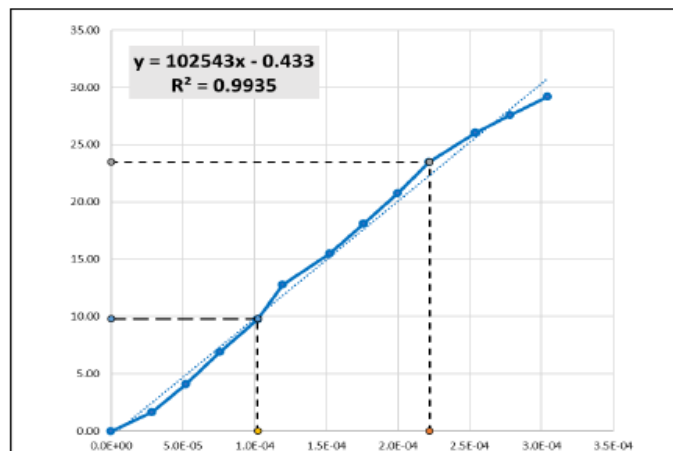
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL: (503) 2243-4278, (503) 7887-8188, (503) 7343-3744 email: geotecnia@gmail.com labgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRÍA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	22-may-24	Fecha de ensayo:	23-may-24	Hora de ensayo:	2:05 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3					
Fecha de edición:	28-may-24	Fecha de emisión:	28-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	3					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Espécimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.90	117.04	116.84	116.93	101.90	101.80	101.96	101.89	1.15	1562.2	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	1639		
Área			81.53	cm²	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Resistencia Máxima			2378.5	Kgf	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)					184.0
Esfuerzo máx.			29.16	Kg/cm²	No. De Muestra Briqueta #3				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					1701.1
Modulo de Elasticidad			114,166.7	Kg/cm²	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce María ubicado en Armenia sobre la carretera CA08 (Hacia Sonsonate).				Peso Tara + Muestra Seca (g)					1407.0
Orden de trabajo	703/052024	Código de muestra	2059/052024									Humedad, %		24.0%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	s/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.53	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	31	231.3	132.1	1.62	0.00013	0.00330	0.25	81.53	1.62	2.8240E-05	0.00%	0.01%		
2	77	734.7	333.2	4.09	0.00024	0.00610	0.50	81.54	4.09	5.2135E-05	0.01%	0.01%		
3	130	1244.5	564.4	6.92	0.00035	0.00889	0.75	81.54	6.92	7.6031E-05	0.01%	0.01%		
4	183	1753.1	795.1	9.75	0.00047	0.01194	1.00	81.54	9.75	1.0210E-04	0.01%	0.01%		
5	240	2298.9	1042.6	12.79	0.00055	0.01397	1.25	81.54	12.79	1.1948E-04	0.01%	0.01%		
6	291	2786.2	1263.6	15.50	0.00070	0.01778	1.50	81.54	15.50	1.5206E-04	0.02%	0.01%		
7	340	3253.3	1475.4	18.10	0.00081	0.02057	1.75	81.55	18.09	1.7596E-04	0.02%	0.01%		
8	390	3729.0	1691.2	20.74	0.00092	0.02337	2.00	81.55	20.74	1.9985E-04	0.02%	0.01%		
9	442	4222.7	1915.1	23.49	0.00102	0.02591	2.25	81.55	23.48	2.2157E-04	0.02%	0.01%		
10	490	4677.4	2121.3	26.02	0.00117	0.02972	2.50	81.55	26.01	2.5416E-04	0.03%	0.01%		
11	530	4961.2	2250.0	27.60	0.00128	0.03251	2.75	81.55	27.59	2.7805E-04	0.03%	0.01%		
12	550	5244.6	2378.5	29.17	0.00140	0.03556	3.00	81.56	29.16	3.0412E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.											Esquema de talla			
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 703/052024, Código de muestra 2059/052024; reportado en Informe INF. ENS. 703 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a máquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0336, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														



BRIQUETA #1, 4% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS




BRIQUETA #2, 4% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS




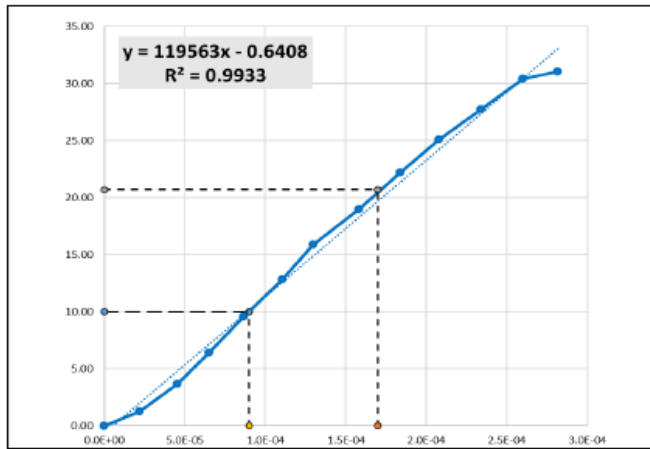
BRIQUETA #3, 4% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS

TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL: (503) 2243-4276, (503) 7887-6109, (503) 7243-2744 email: geotecnia@gmail.com labgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	27-may-24	Hora de ensayo:	3:55 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #1					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
117.21	117.90	117.40	117.90	101.65	101.66	101.71	101.67	1.15	1541.3	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	1618		
Área			81.19	cm²	Ecuación Calibrada de Anillo $Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216					
Resistencia Máxima			2519.7	Kgf	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento: NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)					129.0
Esfuerzo máx.			31.03	Kg/cm²	No. De Muestra Briqueta #1				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)					1748.0
Modulo de Elasticidad			133,750.0	Kg/cm²	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)				Peso Tara + Muestra Seca (g)					1438.0
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2102/052024					Humedad, %					23.7%	
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lb)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.19	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	24	223.8	101.5	1.25	0.00010	0.00254	0.25	81.19	1.25	2.1653E-05	0.00%	0.01%		
2	69	657.6	298.3	3.67	0.00021	0.00533	0.50	81.19	3.67	4.5472E-05	0.00%	0.01%		
3	120	1148.4	520.8	6.41	0.00030	0.00762	0.75	81.20	6.41	6.4960E-05	0.01%	0.01%		
4	179	1714.8	777.7	9.58	0.00040	0.01016	1.00	81.20	9.58	8.5613E-05	0.01%	0.01%		
5	240	2238.9	1042.6	12.84	0.00051	0.01295	1.25	81.20	12.84	1.1043E-04	0.01%	0.01%		
6	297	2843.4	1289.5	15.88	0.00060	0.01524	1.50	81.20	15.88	1.2992E-04	0.01%	0.01%		
7	355	3396.2	1540.2	18.97	0.00073	0.01854	1.75	81.20	18.97	1.5807E-04	0.02%	0.01%		
8	416	3976.0	1803.2	22.21	0.00085	0.02159	2.00	81.21	22.21	1.8405E-04	0.02%	0.01%		
9	470	4488.1	2035.4	25.07	0.00096	0.02438	2.25	81.21	25.06	2.0787E-04	0.02%	0.01%		
10	520	4961.2	2250.0	27.71	0.00108	0.02743	2.50	81.21	27.71	2.3386E-04	0.02%	0.01%		
11	571	5442.7	2468.3	30.40	0.00120	0.03048	2.75	81.21	30.39	2.5984E-04	0.03%	0.01%		
12	589	5555.9	2519.7	31.03	0.00130	0.03302	3.00	81.21	31.03	2.8149E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructural): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2102/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina Master/Loader H-2900 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0386, Vernier EQ-TLAB-0042, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0469, balanza EQ-TLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														

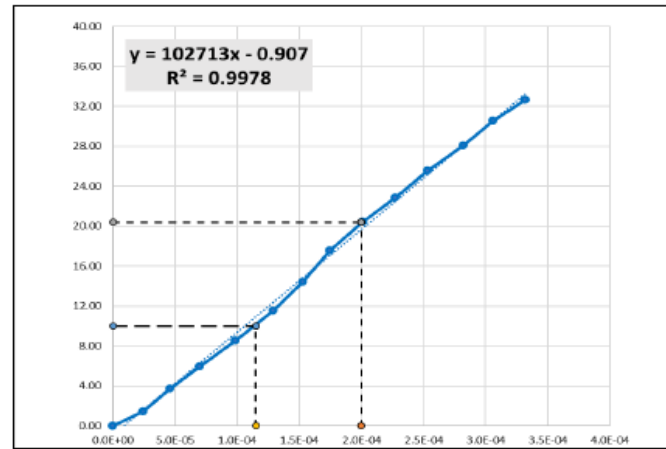


TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (503) 2243-4278, (503) 7887-8109, (503) 7243-3744 email: geotecnia@gmail.com labgeotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	27-may-24	Hora de ensayo:	4:05 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.21	116.30	116.12	116.21	101.70	101.80	101.75	101.75	1.14	1584.9	0.0% a 2%	1 - 4 mm/min	1624		
Área		81.31	cm²	Ecuación Calibrada de Anillo				Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418		CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216				
Resistencia Máxima		2656.4	Kgf	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)		156.0				
Esfuerzo máx.		32.66	Kg/cm²	No. De Muestra				Briqueta #2		Peso Tara + Muestra Húmeda (g)				1793.0
Modulo de Elasticidad		122,352.9	Kg/cm²	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)				Peso Tara + Muestra Seca (g)		1473.0				
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra		2102/052024						Humedad, %		23.5%		
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	e/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.31	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	27	252.7	114.6	1.41	0.00011	0.00279	0.25	81.31	1.41	2.4043E-05	0.00%	0.01%		
2	70	667.3	302.6	3.72	0.00021	0.00533	0.50	81.32	3.72	4.5900E-05	0.00%	0.01%		
3	111	1061.9	481.6	5.92	0.00032	0.00813	0.75	81.32	5.92	6.9942E-05	0.01%	0.01%		
4	160	1532.5	695.0	8.55	0.00045	0.01143	1.00	81.32	8.55	9.8356E-05	0.01%	0.01%		
5	216	2069.3	938.5	11.54	0.00059	0.01499	1.25	81.32	11.54	1.2896E-04	0.01%	0.01%		
6	270	2585.7	1172.6	14.42	0.00070	0.01778	1.50	81.33	14.42	1.5300E-04	0.02%	0.01%		
7	329	3148.6	1427.9	17.56	0.00080	0.02032	1.75	81.33	17.56	1.7486E-04	0.02%	0.01%		
8	389	3662.5	1661.0	20.43	0.00092	0.02337	2.00	81.33	20.42	2.0108E-04	0.02%	0.01%		
9	429	4099.4	1859.1	22.86	0.00104	0.02642	2.25	81.33	22.86	2.2731E-04	0.02%	0.01%		
10	480	4582.8	2078.4	25.56	0.00116	0.02946	2.50	81.33	25.55	2.5354E-04	0.03%	0.01%		
11	528	5036.8	2284.3	28.09	0.00129	0.03277	2.75	81.34	28.08	2.8196E-04	0.03%	0.01%		
12	575	5480.4	2485.5	30.57	0.00140	0.03596	3.00	81.34	30.56	3.0600E-04	0.03%	0.01%		
13	615	5857.9	2656.4	32.67	0.00152	0.03861	3.25	81.34	32.66	3.3223E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.												Esquema de falla		
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2102/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052023.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina Master/Loader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0386, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0460, balanza EQ-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es valido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden unicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														

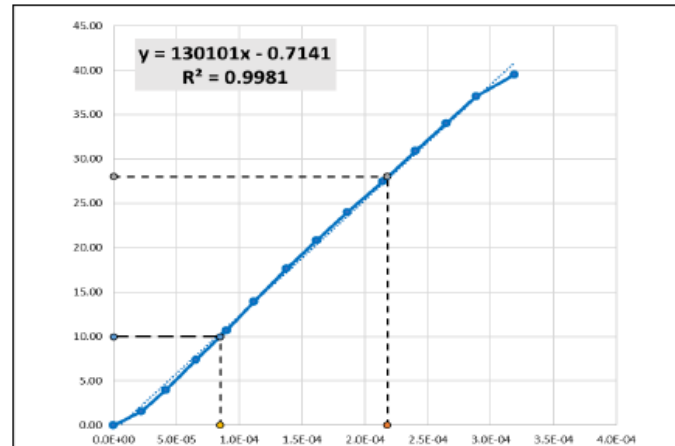
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL: (503) 2243-4278, (503) 7807-6109, (503) 2243-3744 email: plab@tplab.com labgeotecnia@tplab.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	27-may-24	Hora de ensayo:	4:15 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #3					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
116.16	116.25	116.10	116.17	101.70	101.61	101.81	101.71	1.14	1559.5	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	1652		
Área		81.24	cm²	Ecuación Calibrada de Anillo Y = -0.0002X² + 9.66X - 7.9418				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216						
Resistencia Máxima		3209.9	Kgf	Especimen de Suelo-Cemento al 4% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)						183.0
Esfuerzo máx.		39.50	Kg/cm²	No. De Muestra Briqueta #3				Peso Tara + Muestra Húmeda (g)						1770.0
Modulo de Elasticidad		135,338.3	Kg/cm²	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Marta ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)				Peso Tara + Muestra Seca (g)						1472.0
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2102/052024					Humedad, %						29.1%
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.24	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	29	272.0	123.4	1.52	0.00010	0.00254	0.25	81.25	1.52	2.1865E-05	0.00%	0.01%		
2	75	715.4	324.5	3.99	0.00019	0.00483	0.50	81.25	3.99	4.1543E-05	0.00%	0.01%		
3	138	1321.3	599.2	7.38	0.00030	0.00762	0.75	81.25	7.38	6.5594E-05	0.01%	0.01%		
4	200	1916.1	869.0	10.70	0.00041	0.01041	1.00	81.25	10.69	8.9644E-05	0.01%	0.01%		
5	260	2490.1	1129.3	13.90	0.00051	0.01295	1.25	81.25	13.90	1.1151E-04	0.01%	0.01%		
6	330	3158.1	1432.2	17.63	0.00063	0.01600	1.50	81.25	17.63	1.3775E-04	0.01%	0.01%		
7	390	3729.0	1691.2	20.82	0.00074	0.01880	1.75	81.26	20.81	1.6180E-04	0.02%	0.01%		
8	450	4298.6	1949.5	24.00	0.00085	0.02159	2.00	81.26	23.99	1.8585E-04	0.02%	0.01%		
9	515	4913.9	2228.5	27.43	0.00098	0.02489	2.25	81.26	27.42	2.1427E-04	0.02%	0.01%		
10	581	5537.0	2511.1	30.91	0.00110	0.02794	2.50	81.26	30.90	2.4051E-04	0.02%	0.01%		
11	640	6092.5	2763.1	34.01	0.00121	0.03073	2.75	81.27	34.00	2.6456E-04	0.03%	0.01%		
12	698	6637.3	3010.1	37.05	0.00132	0.03353	3.00	81.27	37.04	2.8861E-04	0.03%	0.01%		
13	745	7077.8	3209.9	39.51	0.00146	0.03708	3.25	81.27	39.50	3.1922E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2102/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052023.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TLAB-0499, Cinta métrica EQ-TLAB-0396, Vernier EQ-TLAB-0940, Calibrador de lamina EQ-TLAB-0465, balanza EQ-TLAB-0017.														
El informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278														
											Esquema de falla			



BRIQUETA #1, 4% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS



BRIQUETA #2, 4% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS



BRIQUETA #3, 4% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS

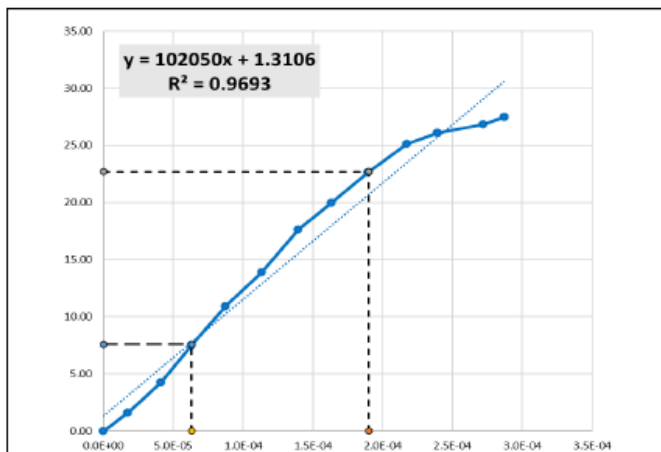
ANEXO 4

RESULTADOS DE MODULO POR LABORATORIO

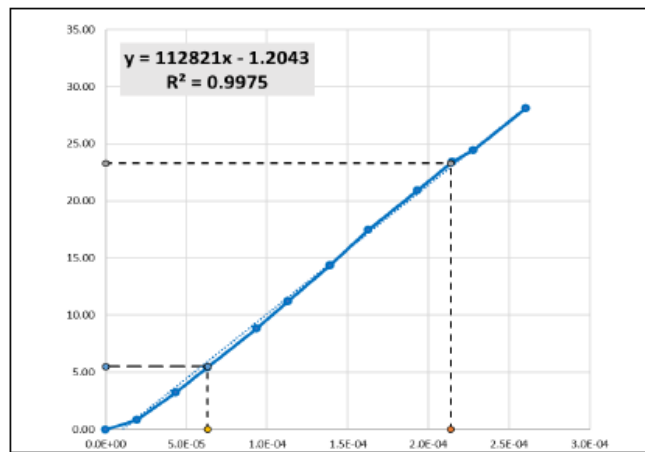
PORCENTAJE DE CEMENTO 5%

BANCO DE PRESTAMO DULCE MARIA

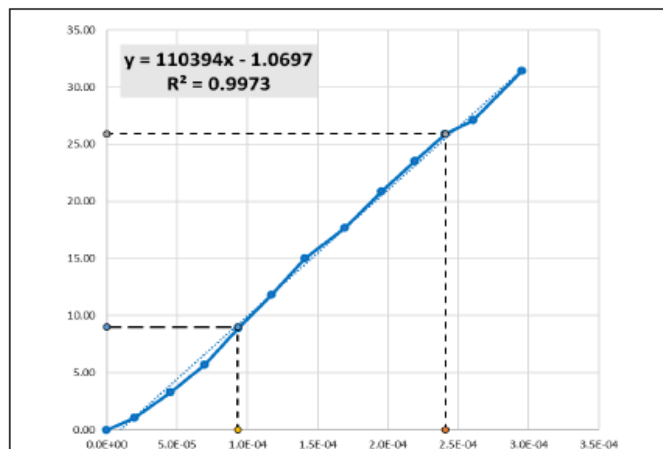
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACION LA SULTANA II, AV. ANTIGUO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIBROS, # 19-D, ANTIGUO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (005) 2243-4279,(005)7897-8109,(005) 7243-3744 email: asesoriam@tplab.com info@tplab.com									
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACION DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA													
Ubicacion: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR													
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.													
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)													
Fecha de elaboracion:	20-may-24	Fecha de ingreso:	22-may-24	Fecha de ensayo:	23-may-24	Hora de ensayo:	2:10 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2				
Fecha de edicion:	28-may-24	Fecha de emision:	28-may-24	Plan de muestreo:	N.A.	Metodo de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, dias:	3				
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzman	Informe editado por:	M. Diaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda				
DATOS DE LABORATORIO													
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	LD	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumetrico (kg/m³)	
116.90	117.12	116.88	116.97	101.90	101.84	101.97	101.90	1.15	1510.7	0.5% ± 2%	1 - 4 mm/min	1584	
Área			81.56	Ecuación Calibrada de Anillo				$Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$				CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216	
Resistencia Máxima			2292.8	Especimen de Suelo-Cemento al 5% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU				Peso Tara (g)		153.0			
Esfuerzo máx.			28.11	No. De Muestra Briqueta #2				Peso Tara + Muestra Humeda (g)		1753.0			
Modulo de Elasticidad			117,880.8	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre la carretera CA08 (Hacia Sonsonate).				Peso Tara + Muestra Seca (g)		1474.0			
Orden de trabajo	703/052024	Código de muestra	2058/052024	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre la carretera CA08 (Hacia Sonsonate).				Humedad, %		21.1%			
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min	
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.56	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%	
1	16	146.6	66.5	0.82	0.00009	0.00229	0.25	81.56	0.81	1.9544E-05	0.00%	0.01%	
2	61	550.6	253.3	3.23	0.00020	0.00508	0.50	81.56	3.23	4.3431E-05	0.00%	0.01%	
3	102	975.3	442.3	5.42	0.00029	0.00737	0.75	81.56	5.42	6.2975E-05	0.01%	0.01%	
4	166	1590.1	721.1	8.84	0.00043	0.01092	1.00	81.57	8.84	9.3377E-05	0.01%	0.01%	
5	211	2021.4	916.7	11.24	0.00052	0.01321	1.25	81.57	11.24	1.1292E-04	0.01%	0.01%	
6	270	2585.7	1172.6	14.38	0.00064	0.01626	1.50	81.57	14.38	1.3898E-04	0.01%	0.01%	
7	328	3139.0	1423.6	17.45	0.00075	0.01905	1.75	81.57	17.45	1.6287E-04	0.02%	0.01%	
8	394	3767.1	1708.4	20.95	0.00089	0.02261	2.00	81.57	20.94	1.9327E-04	0.02%	0.01%	
9	441	4213.2	1910.8	23.43	0.00099	0.02515	2.25	81.58	23.42	2.1498E-04	0.02%	0.01%	
10	480	4393.3	1992.4	24.43	0.00105	0.02667	2.50	81.58	24.42	2.2801E-04	0.02%	0.01%	
11	530	5055.7	2292.8	28.11	0.00120	0.03048	2.75	81.58	28.11	2.6059E-04	0.03%	0.01%	
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante. La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 703/052024, Código de muestra 2058/052024; reportado en Informe INF. ENS. 703 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACION/052024.													
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0386, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.											Esquema de falla		
El informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V. Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V. Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V. El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2243-4278													




BRIQUETA #1, 5% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS

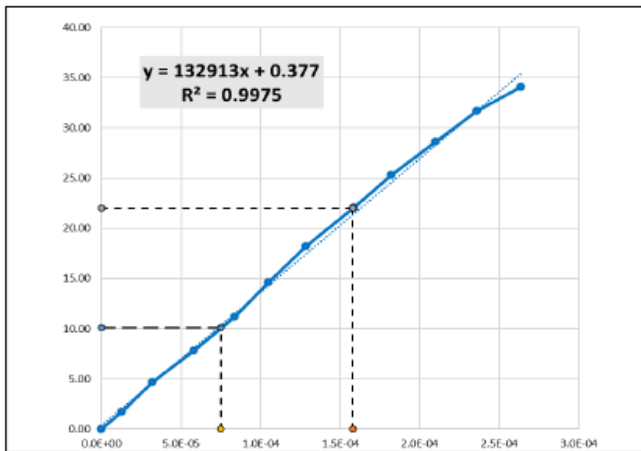


BRIQUETA #2, 5% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS

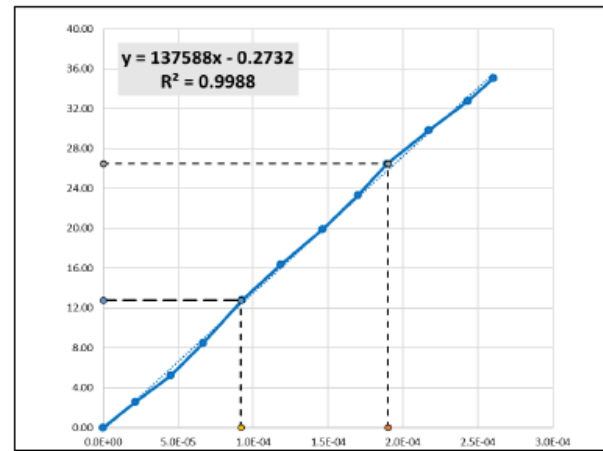


BRIQUETA #3, 5% NOVACEM – ARMENIA – 3 DIAS

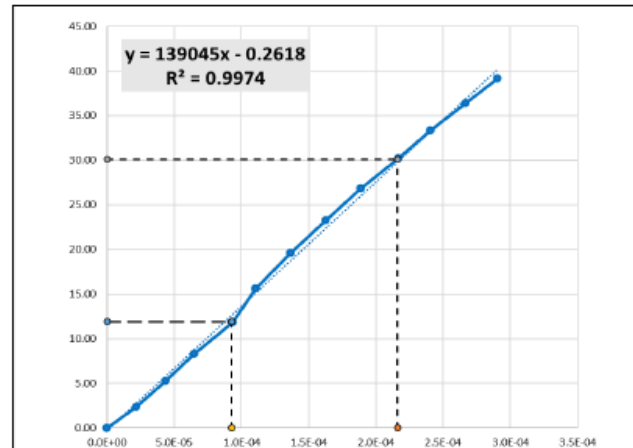
TPLAB S.A. DE C.V. SERVICIOS DE LABORATORIO PARA GEOTECNIA				URBANIZACIÓN LA SULTANA II, AV. ANTIQO CUSCATLAN Y CALLE LOS LIRIOS, # 19-D, ANTIQO CUSCATLAN, LA LIBERTAD, EL SALVADOR TEL. (00503) 2243-4278, (00503) 7887-8109, (00503) 7243-3744 email: info@tplab.com tp.lab.geotecnia@gmail.com										
Proyecto: TRABAJO DE GRADUACIÓN DE MAESTRIA ING. ROBERTO LEMUS E ING. MAURICIO VALENCIA														
Ubicación: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR														
Solicitante: LEG, S.A. DE C.V.														
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA DE SUELOS COHESIVOS (ASTM D2166)														
Fecha de elaboración:	20-may-24	Fecha de ingreso:	24-may-24	Fecha de ensayo:	27-may-24	Hora de ensayo:	3:35 P.M.	Numero de muestra:	Briqueta #2					
Fecha de edición:	4-jun-24	Fecha de emisión:	4-jun-24	Plan de muestreo:	N.A.	Método de muestreo:	N.A.	Edad de ensayo, días:	7					
Muestreo realizado por:	Solicitante	Ensayo realizado por:	G. Guzmán	Informe editado por:	M. Díaz	Informe revisado por:	A. Hidalgo	Informe autorizado por:	Ing. T. Pineda					
DATOS DE LABORATORIO														
Altura 1 (mm)	Altura 2 (mm)	Altura 3 (mm)	Altura media (mm)	Diámetro 1 (mm)	Diámetro 2 (mm)	Diámetro 3 (mm)	Diámetro Medio (mm)	L/D	Peso Especimen (g)	Deformación Unitaria por minuto %/min	mm/min	Peso Volumétrico (kg/m³)		
118.10	118.00	118.05	118.05	101.50	101.55	101.62	101.56	1.16	1539.0	0.5% a 2%	1 - 4 mm/min	1609		
Área			81.00	Ecuación Calibrada de Anillo				$Y = -0.0002X^2 + 9.66X - 7.9418$						
Resistencia Máxima			2839.8	Especimen de Suelo-Cemento al 6% de Cemento; NOVACEM C1167 Tipo GU								CONTENIDO DE HUMEDAD, ASTM D2216		
Esfuerzo máx.			35.05	No. De Muestra				Briqueta #2		Peso Tara (g)		134.0		
Modulo de Elasticidad			139,795.9	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)				No. De Muestra		Peso Tara + Muestra Húmeda (g)		1762.0		
Orden de trabajo	721/052024	Código de muestra	2101/052024	Material utilizado procedente de Banco de Préstamo Dulce Maria ubicado en Armenia sobre carretera CA08 (hacia Sonsonate)								Peso Tara + Muestra Seca (g)		1468.0
											Humedad, %		22.0%	
Medición #	Lectura Anillo	Carga (lbf)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)	Deformación (in)	Deformación (mm)	Tiempo (min)	Área Corregida (mm²)	Esfuerzo Corregido (Kg/cm²)	ΔL / L	Deformación Unitaria	ε/min		
0	0	0.0	0.0	0.00	0.00000	0.00000	0.00	81.00	0.00	0.0E+00	0.00%	0.00%		
1	49	464.9	210.8	2.60	0.00010	0.00254	0.25	81.01	2.60	2.1516E-05	0.00%	0.01%		
2	98	936.8	424.9	5.24	0.00021	0.00533	0.50	81.01	5.24	4.5184E-05	0.00%	0.01%		
3	158	1513.3	686.3	8.47	0.00031	0.00787	0.75	81.01	8.47	6.6701E-05	0.01%	0.01%		
4	239	2289.4	1038.3	12.82	0.00043	0.01092	1.00	81.01	12.82	9.2520E-05	0.01%	0.01%		
5	305	2919.8	1324.2	16.35	0.00055	0.01397	1.25	81.01	16.34	1.1834E-04	0.01%	0.01%		
6	372	3557.9	1613.6	19.92	0.00068	0.01727	1.50	81.02	19.92	1.4631E-04	0.01%	0.01%		
7	436	4165.8	1889.3	23.32	0.00079	0.02007	1.75	81.02	23.32	1.6998E-04	0.02%	0.01%		
8	495	4724.8	2142.7	26.45	0.00088	0.02235	2.00	81.02	26.45	1.8934E-04	0.02%	0.01%		
9	559	5329.5	2417.0	29.84	0.00101	0.02565	2.25	81.02	29.83	2.1231E-04	0.02%	0.01%		
10	615	5857.3	2656.4	32.79	0.00113	0.02870	2.50	81.02	32.79	2.4313E-04	0.02%	0.01%		
11	669	6261.7	2839.8	35.06	0.00121	0.03073	2.75	81.03	35.05	2.6035E-04	0.03%	0.01%		
Identificación y Ubicación del muestreo (Estructura): Elaboración de los especímenes, curado inicial y transporte a las instalaciones del laboratorio fue realizada por personal técnico del solicitante.														
La muestra fue ingresada en Orden de Solicitud de Trabajo 721/052024, Código de muestra 2101/052024; reportado en Informe INF. ENS. 721 – LEG, S.A. DE C.V. - TRABAJO DE GRADUACIÓN/052024.														
Los equipos involucrados corresponden a maquina MasterLoader H-2800 Marca HUMBOLDT EQ-TLAB-0036, Anillo de carga HUMBOLDT EQ-TPLAB-0499, Cinta métrica EQ-TPLAB-0396, Vernier EQ-TPLAB-0342, Calibrador de lamina EQ-TPLAB-0465, balanza EQ-TPLAB-0017.														
El Informe de Ensayo de Laboratorio no es válido sin firma y sin sello de TPLAB, S.A. de C.V.														
Este Informe de Ensayo de Laboratorio no podrá ser reproducido parcialmente o totalmente, excepto con autorización previa por escrito de TPLAB, S.A. de C.V.														
Los resultados presentados en este Informe de Ensayo de Laboratorio corresponden únicamente a la muestra ensayada en las instalaciones del laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V.														
El laboratorio de TPLAB, S.A. de C.V., asegura a nuestros Clientes el manejo confidencial de toda la información proporcionada y producida por el laboratorio, excepto cuando los resultados se envíen por correo electrónico. Reporte sus quejas, reclamos o sugerencias a: tp.lab.geotecnia@gmail.com o al teléfono: 2248-4278														
											Esquema de falla			
														



BRIQUETA #1, 5% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS



BRIQUETA #2, 5% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS



BRIQUETA #3, 5% NOVACEM – ARMENIA – 7 DIAS