

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	1/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Manual de prácticas de Mecánica de Suelos

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Enrique Elizalde Romero Ing. Héctor A. Legorreta Cuevas M. I. Carmelino Zea Constantino	M.I. Juan Luis Umaña Romero	M. I. Germán López Rincón	19 de enero de 2018

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	2/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 1

Corte directo



	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	3/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Ninguno	Ninguno

2. Objetivos de aprendizaje.

2.1 Objetivo general.

El alumno obtendrá los parámetros de resistencia de un suelo granular en una superficie de falla horizontal predeterminada, por medio del ensaye de corte directo.

2.2 Objetivos específicos.

- El alumno obtendrá la variación del desplazamiento vertical (δ_v) respecto a la deformación horizontal (δ_h), bajo un esfuerzo cortante creciente (τ).
- El alumno graficará la variación del esfuerzo cortante (τ) respecto a la deformación horizontal (δ_h), para estimar el esfuerzo cortante resistente del suelo.
- El alumno estimará la ley de resistencia del suelo por medio de los puntos experimentales de falla, cuantificando los parámetros de resistencia cohesión (c) y fricción (ϕ).

3. Alcances.

El alumno realizará el ensaye de corte directo para condiciones: No Consolidada – No drenada, usando un material granular, con una velocidad de desplazamiento lateral de 1.0 mm/min .

La prueba está compuesta por 3 ensayes, cada uno con diferente carga normal aplicada σ_v , cuyos porcentajes de incrementos son: 50%, 100% y 150% respecto a su esfuerzo original de campo.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página:	4/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Introducción

Esfuerzo normal (σ) es el cociente de la fuerza resultante P aplicada perpendicularmente al área de contacto A , expresión (1).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Esfuerzo normal (τ) es el cociente de la fuerza resultante aplicada (F_h) paralelamente al área de contacto (A), expresión (2).

$$\tau = \frac{F_h}{A} \quad (2)$$

Estados de esfuerzos en la prueba de corte directo.

En la figura 1, se presentan las cargas actuantes y resistentes que intervienen el ensayo de corte directo.

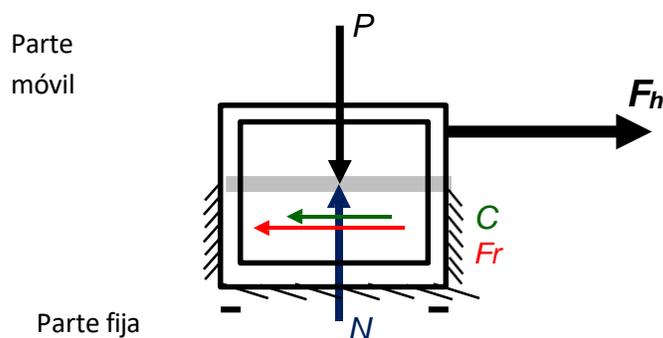


Figura 1. Esquema de ensayo de corte directo.

Fuerzas actuantes:

P normal

F_h horizontal

Fuerzas resistentes:

N normal

C cohesión

F_r fricción

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	5/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Haciendo sumatorias de fuerzas verticales.

$$P = N \quad (3)$$

Haciendo sumatorias de fuerzas horizontales.

$$F_h = F_r + C \quad (4)$$

Se sabe que la fricción es:

$$F_r = N \mu \quad (5)$$

Siendo μ el coeficiente de fricción, definido como:

$$\mu = \tan \phi \quad (6)$$

Sustituyendo la expresión (5) y (6) en (4) se tiene que:

$$F_h = N \tan \phi + C \quad (7)$$

Dividiendo la expresión (7) entre el área A de contacto.

$$\frac{F_h}{A} = \frac{N}{A} \tan \phi + \frac{C}{A} \quad (8)$$

Usando la definición de esfuerzos, ecuaciones (1) y (2) en (8), se tiene la ecuación de la ley de resistencia de un material con respuesta cohesiva-friccionante.

$$\tau = \sigma \tan \phi + c \quad (9)$$

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	6/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

En caso de que la cohesión sea nula, se tiene la ley de resistencia con respuesta puramente friccionante.

$$\tau = \sigma \tan \phi \quad (10)$$

Y para una respuesta puramente cohesiva se tiene:

$$\tau = c \quad (11)$$

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	7/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Graficas de la prueba de corte directo.

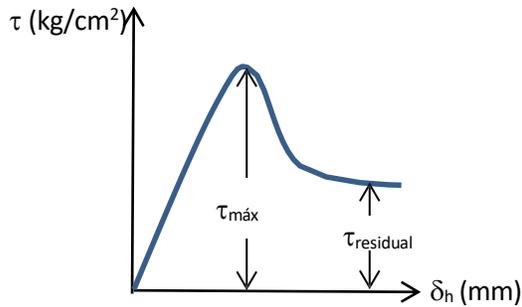


Fig. 2a. Material con falla frágil.

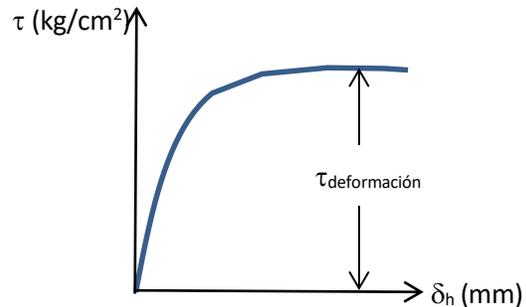


Fig. 2b. Material con falla plástica.

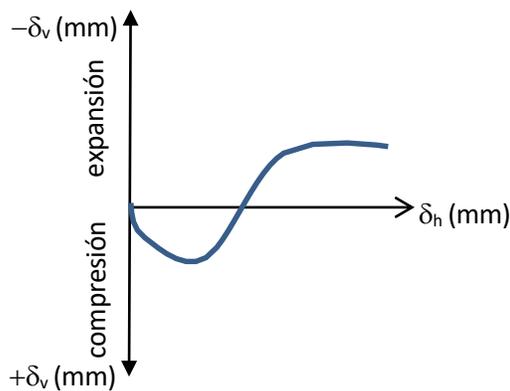


Fig. 3a. Material compacto.

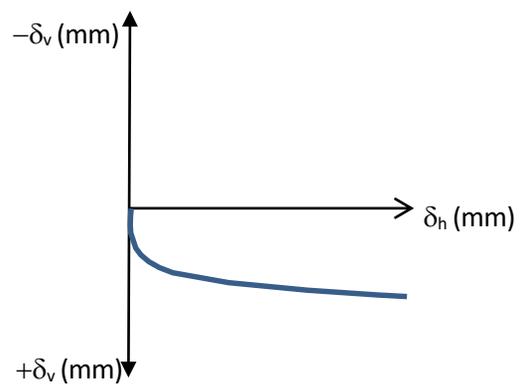


Fig. 3b. Material suelto.

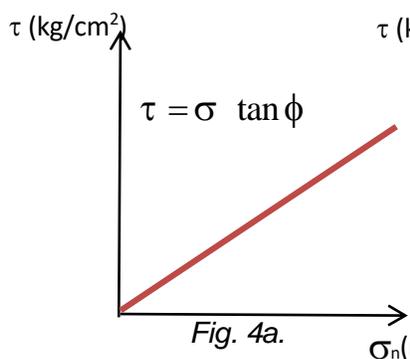


Fig. 4a.

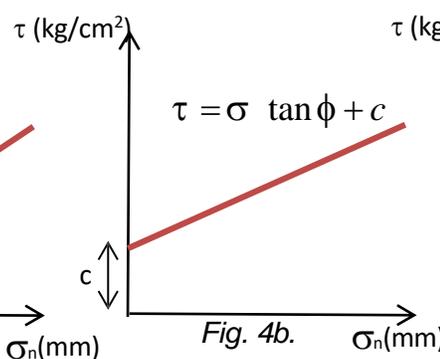


Fig. 4b.

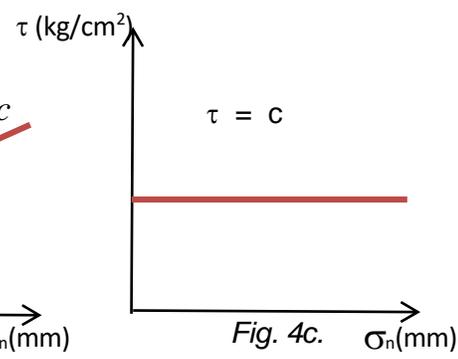


Fig. 4c.

Respuesta: Puramente friccionante. Friccionante-cohesivo . Puramente cohesivo.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	8/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Material y Equipo



Figura 5. Aparato de corte directo.



Figura 6. Equipo para formar probeta

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	9/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Aparato de corte.
- Suelo granular.
- Aditamentos de carga.
- Cronómetro.
- Vernier.
- Indicadores de carátula.
- Balanza de precisión.
- Cápsulas de porcelana.
- Espátula o engrasado.
- Cronómetro.
- Deformímetros
- Embudo.
- Vibrador.
- Horno de secado.

6. Desarrollo

Los alumnos formarán brigadas de 6 a 8 integrantes.

Actividad 1. Engrasar las superficies de contacto de la caja de corte, ensamblar parte móvil con la fija y asegurarlas con los pasadores verticales, figuras 7 y 8.

Actividad 2. Medir las dimensiones de la caja donde se alojará el suelo, *largo, ancho, altura*, obtener el área A y el volumen V , figura 9a y 9b.

Anotar las mediciones en el formato MMS-01A.

Actividad 3. Conocido el volumen, obtener la masa de arena para formar la probeta con la misma densidad de campo, figura 10.

Actividad 4. Colocar la arena en la caja con la ayuda de un embudo, esparciéndola uniformemente, figura 11.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	10/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 7. Armado de caja.



Figura 8. Seguros de fijación.



Figuras 9a. y 9b. Medidas de la caja.



Figura 10. Masa de muestra.



Figura 11. Vaciado de muestra.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	11/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 5. Nivelar la superficie de la arena cuidadosamente por medio de una espátula.

Actividad 6. En caso necesario, vibrar la arena para compactarla para alcanzar su densidad de campo. Coloque un bloque de superficie lisa para uniformizar la densificación, figuras 12 y 13.

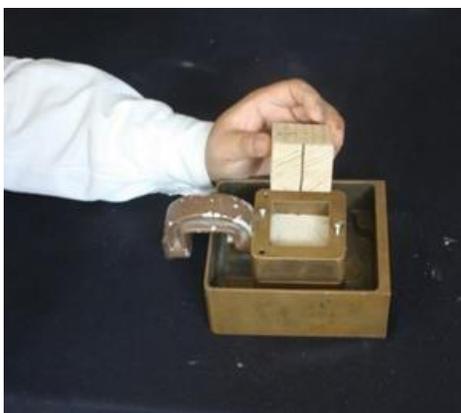


Figura 12. Vaciado de muestra.



Figura 13. Densificación por vibración.

Actividad 7. Medir las 4 alturas libres entre el material y el borde superior del molde, H_{libre1} , H_{libre2} , H_{libre3} y H_{libre4} . Anotar en el formato MDS—01A.

Actividad 8. Colocar el cabezal (placa rígida) con las cuchillas en dirección perpendicular al desplazamiento.

Actividad 9. Poner el balín en el cabezal, colocar el marco de carga sobre el balín, Instalar el deformímetro vertical y horizontal. Figura 14 y 15.

Actividad 10. Girar la manivela del aparato de corte hasta que el vástago de carga horizontal haga contacto con la pared exterior de la parte móvil, para ello, se recomienda que la aguja del deformímetro del anillo de carga se mueva hasta 2 divisiones; en caso de que se pase la lectura, se podrá retroceder el vástago dando giros contrarios a la manivela para lograr estabilizar la aguja en las 2 divisiones. Recordar que la caja se encuentra inmovilizada con los seguros, por lo que no se afecta el espécimen. Se recomienda que la inclinación de la manivela del vástago se encuentre en sentido vertical o en horizontal para dar inicio al giro.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	12/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 14. Colocación de balín.

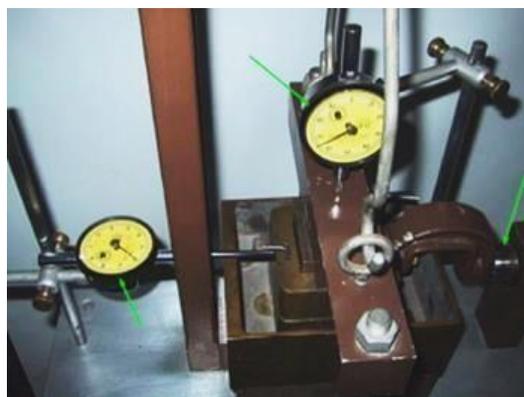


Figura 15. Instalación de deformímetros y contacto del vástago.

Actividad 11. Sin poner en movimiento la manivela, registrar las lecturas iniciales de los deformímetros: vertical, horizontal y anillo de carga en el formato MDS-01A.

Actividad 12. Aplicar la carga vertical P predeterminada para generar un esfuerzo normal σ entre el rango de esfuerzos de campo y registrar la lectura vertical.

Actividad 13. Retirar los seguros de sujeción de la caja de corte.

Actividad 14. Girar la manivela a razón de una vuelta por minuto, para esto, 15 segundos en cada cuarto de vuelta. El mecanismo hace deslizar la parte superior de la caja móvil, aplicando al espécimen un esfuerzo cortante creciente.

Actividad 15. Con ayuda de un cronómetro, registrar al mismo tiempo las lecturas de los deformímetros (vertical, horizontal y anillo) a cada 15 segundos.

El fin de la prueba es la falla del espécimen, la cual puede ser por deformación, carga máxima o resistencia residual.

Se considera una falla por deformación cuando el espécimen alcanza una deformación del orden de un 20% de su longitud inicial.

La falla por carga máxima es cuando se registra la fuerza máxima horizontal del anillo transmitida al espécimen, para ello, se recomienda que durante el ensaye se observe la

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	13/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

dirección del giro de la aguja del deformímetro del anillo, y en el momento que gire la aguja en sentido contrario, indica que se ha verificado la carga máxima resistente del suelo.

La resistencia residual se presenta después de haber alcanzado la carga máxima. Para estimarla en el ensaye, se debe accionar la manivela hasta que la aguja del deformímetro del anillo gire en sentido contrario y permanezca la lectura constante. Esto indica que los granos del suelo están reorientados en el plano de falla.

Actividad 16. Al finalizar el ensayo, se remueve el suelo y se toma la muestra para determinar el contenido de agua.

Actividad 17. El procedimiento se repetirá en 2 especímenes gemelos, aumentando el esfuerzo normal, teniendo un mínimo de 3 ensayes para cada prueba.

7. Cálculos.

Usando el formato MDS-01A.

- a) El cambio en la altura del espécimen representa la variación de volumen (expansión o contracción) durante la prueba se obtiene a partir de las lecturas del deformímetro que mide el movimiento vertical δ_v para cada evento i .

$$\delta_{vi} = \text{Lectura vertical } i - \text{Lectura vertical inicial} \quad (12)$$

Se acostumbra que la expansión sea de signo negativo y la compresión de signo positivo.

- b) La variación constante del desplazamiento horizontal δ_h se mide con el deformímetro horizontal para cada evento i .

$$\delta_{hi} = / \text{Lectura horizontal inicial} - \text{Lectura horizontal } i / \quad (13)$$

- c) La fuerza horizontal resistente F_h del suelo se estima con la deformación del anillo de carga δ_{anillo} , en base a las lecturas del deformímetro y su rigidez k_{anillo} de éste, para cada evento i .

$$\delta_{anillo i} = / \text{Lec. Anillo inicial} - \text{Lec. Anillo } i / \quad (14)$$

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	14/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$F_{hi} = \delta_{anillo\ i} * K_{anillo} \quad (15)$$

- d) Se graficará en escala natural la curva de esfuerzo cortante τ_i contra deformación horizontal δ_{hi} , formato MDS-01B, el cálculo de esfuerzo cortante τ_i se obtiene con la expresión (16).

$$\tau_i = \frac{F_{hi}}{A} \quad (16)$$

- e) Presentar la curva deformación vertical δ_{vi} contra la deformación horizontal δ_{hi} , formato MDS-01B, con ayuda de las expresiones (12) y (13).
- f) Con los resultados de cada probeta i se obtiene el esfuerzo cortante τ_i y σ_i , se traza la recta intrínseca y de ella se obtienen los parámetros de resistencia c y ϕ , donde c es la ordenada de la recta y ϕ el ángulo que forma la horizontal con la recta intrínseca. Formato MDS-01C.

8. Conclusiones.

En este apartado el alumno comentará si se cubrieron los objetivos de la práctica, hará una discusión sobre los factores más importantes que influyen en el ensaye y propondrá la aplicación o la restricción del uso de estos materiales en la ingeniería civil en función de su comportamiento estudiado.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	16/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

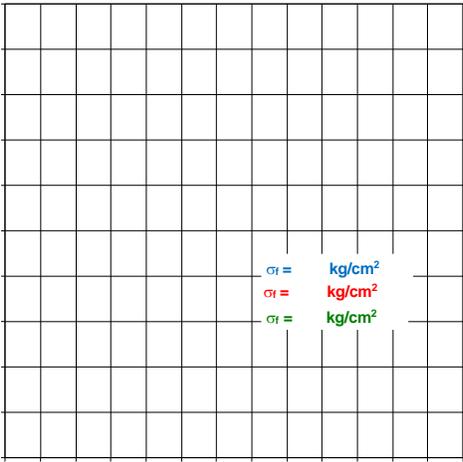
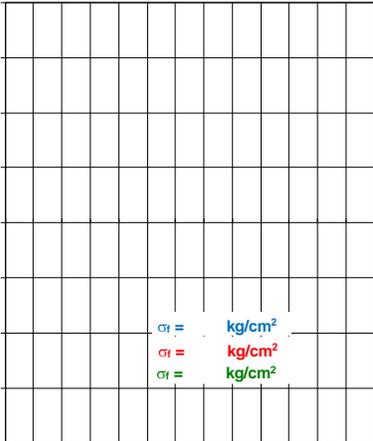
		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE GEOTÉCNIA																																									
PRUEBA DE CORTE DIRECTO MDS-01B																																											
RELACIÓN DE ESFUERZOS - DEFORMACIÓN HORIZONTAL			DEFORMACIÓN VERTICAL VS. DEFORMACIÓN HORIZONTAL																																								
																																											
RELACIÓN DE ESFUERZOS τ/σ (kg/cm ²)			COMPRESIÓN + EXPANSIÓN - (mm)																																								
DEFORMACIÓN HORIZONTAL (mm)			DEFORMACIÓN HORIZONTAL (mm)																																								
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>PRUEBA No.</th> <th>γ_m ton/m³</th> <th>W_{nat} %</th> <th>W_{final} %</th> <th>σ_{falla} kg/cm²</th> <th>τ_{falla} kg/cm²</th> <th>$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			PRUEBA No.	γ_m ton/m ³	W_{nat} %	W_{final} %	σ_{falla} kg/cm ²	τ_{falla} kg/cm ²	$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -	1							2							3							<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CORTE DIRECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="2">PROYECTO:</td></tr> <tr><td>UBICACIÓN</td><td>FECHA:</td></tr> <tr><td colspan="2">SONDEO:</td></tr> <tr><td colspan="2">DESCRIPCIÓN:</td></tr> </tbody> </table>			CORTE DIRECTO		PROYECTO:		UBICACIÓN	FECHA:	SONDEO:		DESCRIPCIÓN:	
PRUEBA No.	γ_m ton/m ³	W_{nat} %	W_{final} %	σ_{falla} kg/cm ²	τ_{falla} kg/cm ²	$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -																																					
1																																											
2																																											
3																																											
CORTE DIRECTO																																											
PROYECTO:																																											
UBICACIÓN	FECHA:																																										
SONDEO:																																											
DESCRIPCIÓN:																																											

Figura 17. Formato MDS-01B.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página:	17/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

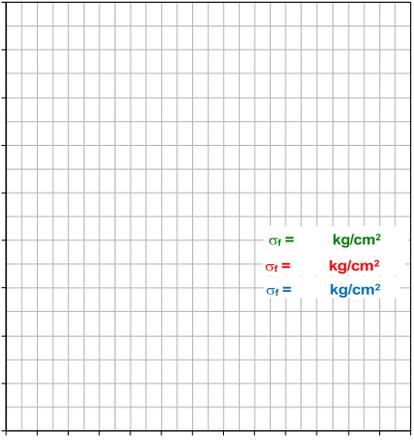
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA LABORATORIO DE GEOTÉCNIA																																							
PRUEBA DE CORTE DIRECTO MDS-01C																																								
ESFUERZOS - DEFORMACIÓN HORIZONTAL		LEY DE RESISTENCIA																																						
ESFUERZO CORTANTE τ (kg/cm ²)																																								
	$\sigma_v =$ kg/cm ² $\sigma_h =$ kg/cm ² $\sigma_f =$ kg/cm ²	ESFUERZO CORTANTE τ (kg/cm ²)																																						
	DEFORMACIÓN UNITARIA HORIZONTAL δ_h (mm)	ESFUERZO NORMAL σ (kg/cm ²)																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PRUEBA No.</th> <th>ρ_m g/cm³</th> <th>w_{final} %</th> <th>σ_{falla} kg/cm²</th> <th>τ_{falla} kg/cm²</th> <th>$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -</th> <th>$\tau_{residual}$ kg/cm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		PRUEBA No.	ρ_m g/cm ³	w_{final} %	σ_{falla} kg/cm ²	τ_{falla} kg/cm ²	$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -	$\tau_{residual}$ kg/cm ²	1							2							3							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">CORTE DIRECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">PROYECTO:</td> </tr> <tr> <td>UBICACIÓN:</td> <td>FECHA:</td> </tr> <tr> <td>POZO:</td> <td>PROF:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">DESCRIPCIÓN:</td> </tr> </tbody> </table>	CORTE DIRECTO		PROYECTO:		UBICACIÓN:	FECHA:	POZO:	PROF:	DESCRIPCIÓN:	
PRUEBA No.	ρ_m g/cm ³	w_{final} %	σ_{falla} kg/cm ²	τ_{falla} kg/cm ²	$\tau_{falla}/\sigma_{falla}$ -	$\tau_{residual}$ kg/cm ²																																		
1																																								
2																																								
3																																								
CORTE DIRECTO																																								
PROYECTO:																																								
UBICACIÓN:	FECHA:																																							
POZO:	PROF:																																							
DESCRIPCIÓN:																																								

Figura 18. Formato MDS-01C.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	18/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. Responsabilidades.

- El profesor de prácticas es el responsable de la implantación de este procedimiento.
- Los alumnos son los responsables de su aplicación en el laboratorio.
- Los laboratoristas son los responsables de proporcionar los materiales y equipos para la ejecución de este procedimiento.
- Los alumnos deben elaborar el informe correspondiente y entregarlo al profesor o a los técnicos académicos del laboratorio quienes son los responsables de su evaluación.

10. Bibliografía.

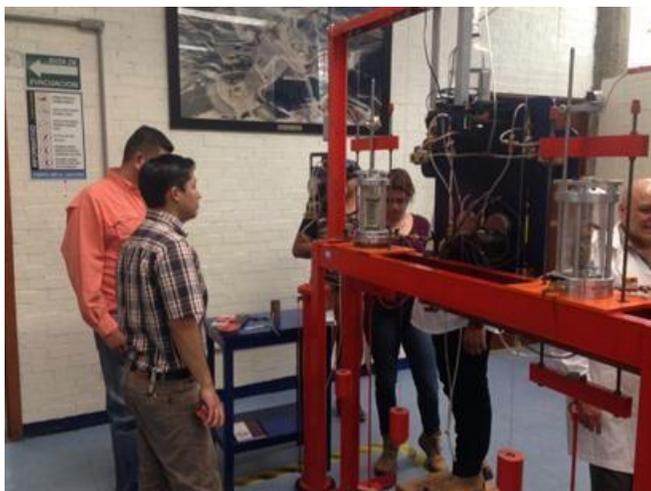
Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A.; Mecánica de Suelos Tomo 1, Segunda Edición, México, 1980.

ASTM *standard* 03080-90 Method for Direct Shear Test of Soil under Consolidated Drained Conditions.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	19/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Práctica # 2

Compresión simple y Triaxial No consolidada-No drenada (TX-UU)



	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	20/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Ninguno	Ninguno

2. Objetivos de aprendizaje

2.1 Objetivo general.

El alumno realizará el ensaye a compresión para determinar los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de suelo fino, tanto en la prueba de compresión simple (inconfiada) y triaxial rápida (TX-UU).

2.2 Objetivos específicos.

- El alumno trazará las gráficas esfuerzo desviador- deformación unitaria para los ensayos de compresión simple (inconfiada) y triaxial rápida (TX-UU).
- El alumno obtendrá el parámetro de resistencia, cohesión, por medio de la envolvente falla en un diagrama de esfuerzos.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página:	21/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión:	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

3. Introducción

La resistencia a la compresión simple (q_u) es la carga máxima por unida de área, a la que falla un espécimen cilíndrico o prismático de un suelo sin confinar.

El ensaye Tx-UU, consiste en someter 3 especímenes gemelos a diferentes confinamientos a una carga vertical a compresión hasta lograr la falla.

La prueba triaxial a compresión No consolidada – No drenada, TX- UU, tiene dos etapas, la primera consiste en aplicar un esfuerzo confinante istrópico (σ_c), sin dejar que se drene el espécimen, esto no permitir un cambio volumétrico (no consolidar), en la segunda etapa se carga con un esfuerzo desviador vertical a compresión ($\Delta\sigma$), sin dejar que drene el espécimen, etapa de falla No drenada.

El esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$) se define como la diferencia del esfuerzo principal mayor (σ_1) menos el esfuerzo de confinamiento σ_c .

La figura 1, se presenta la curva esfuerzo desviador ($\Delta\sigma$) contra deformación unitaria vertical (ϵ_v).

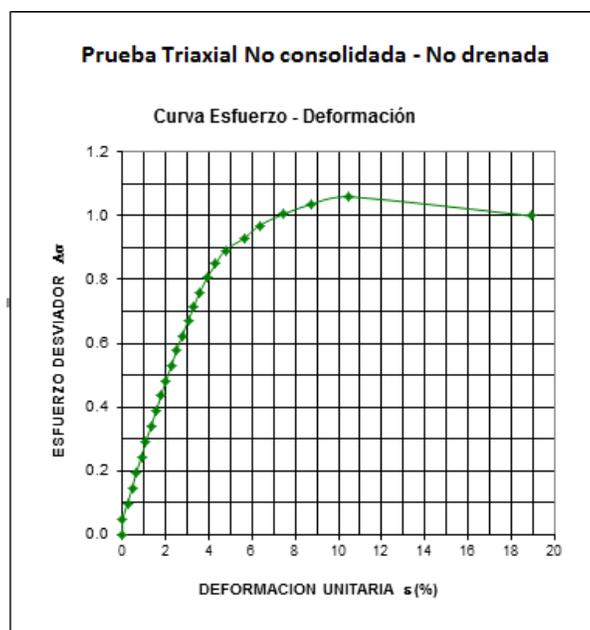


Figura 1. Curva esfuerzo- deformación.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página:	22/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La **cohesión** del suelo es un parámetro de resistencia que se obtiene a partir de la envolvente de falla lineal en el rango de esfuerzos de confinamiento de campo. Cuando la envolvente de falla es horizontal, la cohesión es la mitad del esfuerzo desviador, figura 2.

Las figuras 2a y 2b presenta la envolvente de falla en un diagrama de Esfuerzos Mohr-Coulomb para la prueba de compresión simple y TX-UU, respectivamente.

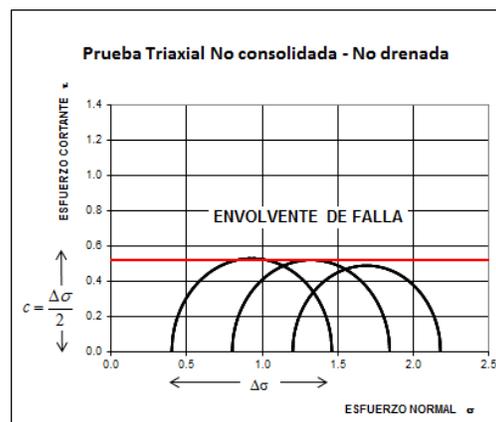
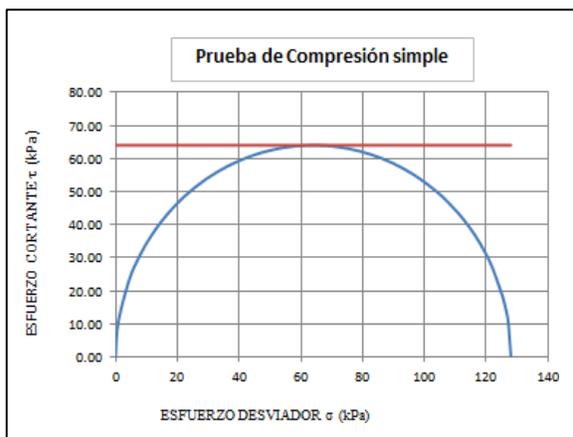


Figura 2a y 2b. Diagrama de esfuerzos para la obtención de la cohesión.

La resistencia no drenada de un suelo al esfuerzo cortante en general se expresa mediante la fórmula de Coulomb, con la siguiente expresión:

$$\tau_f = c \tag{1}$$

Dónde: τ_f → esfuerzo cortante en el plano de falla

c → cohesión en kPa o kg/cm²

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	23/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

4. Material y Equipo



Figura 1. Marco de carga controlada

- Báscula con aproximación de 0.01 g.
- Cámara triaxial.
- Marco triaxial.
- Pesas.
- Cronómetro.

5. Desarrollo

Los alumnos se organizarán en brigadas de 6 a 8 integrantes.

Actividad 1. Estimar la cohesión media del suelo con penetrómetro y torcómetro y el desviador de falla por medio de las expresiones:

$$2c_a = \frac{q_{pen}}{2} + c_{tor} ; \sigma_{df} = 2c_a \quad (2)$$

Con los esfuerzos desviadores de falla aproximados en el punto anterior, calcular la carga máxima a aplicar y los puntos a obtener de la curva esfuerzo-deformación.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	24/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Actividad 2. Para la prueba de compresión No consolidada – No drenada, estimar el esfuerzo confinante de campo utilizando el concepto del esfuerzo octaédrico.

$$\sigma_c = \frac{1 + 2K_o}{3} \sigma_v' \quad (3)$$

Dónde: $K_o \rightarrow$ coeficiente de empuje de tierras en reposo;

$\sigma_v' \rightarrow$ esfuerzo vertical efectivo de campo.

Programar 3 esfuerzos de confinamiento en el rango de esfuerzos previstos para la obra que se va a construir en campo.

Cada brigada ensayará una probeta en una cámara triaxial, los especímenes estarán montados en las cámaras triaxiales, uno para la prueba de compresión simple y 3 para la TX-UU.

Las dimensiones y la masa de los especímenes estarán anotadas en el formato MDS- 02A.

Actividad 3. Etapa desviadora o falla. Mantener cerradas las válvulas de drenaje.

Actividad 4. Registra la lectura inicial del extensómetro. Formato MDS-02B

Actividad 5. Aplicar el primer incremento, arrancando el crónometro.

Espera que transcurra un tiempo de 55 segundos para leer la nueva lectura del extensómetro, después aplica el siguiente incremento de carga.

Actividad 6. Repetir estos pasos hasta alcanzar la condición de falla.

Actividad 7. Anotar las todas las lecturas del extensómetros para cada incremento de carga, después de transcurrido 1 min de tiempo, en el formato MLG-08, hasta que se presente la falla.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	25/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Figura 2. Registro del extensómetro.



Figura 3. Probeta Falla.

Actividad 8. Desmontar el equipo con la ayuda del laboratorista.

Actividad 9. Colocar la probeta en una cápsula previamente registrada y obtenida su masa.

Actividad 10. Obtener la masa de la cápsula junto con la probeta, figura 4.

Actividad 11. Introducirla al horno de secado, figura 5, al día siguiente obtener la masa de la cápsula y el suelo seco.



Figura 4. Obtención de masa de probeta



Figura 5. Muestra al horno.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	26/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Cálculos

Con ayuda del formato MDS-02A y MDS-02B.

- a) Calcular las áreas transversales de cada probeta, con las expresiones (4), (5) y (6).

$$\text{Área Superior } (A_s) \quad A_s = \frac{\pi D^2}{4} \quad (4)$$

$$\text{Área Central } (A_c) \quad (5)$$

$$\text{Área Inferior } (A_i) \quad A_c = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6)$$

- b) Obtener el área inicial (A_o) con la expresión (7).

$$A_o = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6} \quad (7)$$

- c) Calcular la altura promedio (H_o) con la expresión (8).

$$H_o = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3} \quad (8)$$

- d) En la etapa de carga, sumar las cargas parciales (ΔP_i) para obtener la carga acumulada (P_i) para cada evento, expresión (9).

$$P_i = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \dots + \Delta P_n \quad (9)$$

- e) Obtener para cada evento la deformación (δ_i), como lo indica la expresión (10).

$$\delta_i = \text{Lectura inicial} - \text{Lectura del deformímetro}_i \quad (10)$$

- f) Calcular las deformaciones unitarias lineales (ε_i) de la probeta para cada evento, con la expresión (11).

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_i}{H_o} \quad (11)$$

- g) Considerando que la prueba se está realizando a volumen constante, calcular el área media (A_{mi}) en cada evento, expresión (12).

$$A_{mi} = \frac{A_o}{1 - \varepsilon_i} \quad (12)$$

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	27/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

(12)

- h) Determinar el esfuerzo normal (σ_i) para cada evento, mediante la ecuación (13).

$$\sigma_i = \frac{P_i}{A_{m_i}} \quad (13)$$

- i) Para graficar los resultados las deformaciones unitarias deben estar en porcentaje, por lo que se debe multiplicar por 100, expresión (14).

$$\varepsilon_i \% = \varepsilon_i \times 100 \quad (14)$$

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	28/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

7. Presentación de resultados.

Con base al formato de Registro. MDS- 02A y MDS-02B, trazar las curvas esfuerzo desviador contra deformación unitaria y diagrama de esfuerzos Mohr-Coloumb.

	Manual de prácticas de Mecánica de Suelos	Código:	MADO-40
		Versión:	01
		Página	31/31
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	20 de enero de 2017
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Geotencia	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

9. Responsabilidades.

- El profesor de prácticas es el responsable de la implantación de este procedimiento.
- Los alumnos son los responsables de su aplicación en el laboratorio.
- Los laboratoristas son los responsables de proporcionar los materiales y equipos para la ejecución de este procedimiento.

10. Bibliografía.

Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A.. Mecánica de Suelos, México, 1995, tomo I, Editorial Limusa.

Comisión Nacional del Agua, Mecánica de suelos, Instructivo para ensaye de suelos, México 1990.

Skempton y Telford Selected paper on soil mechanics, London., 1984.

Bowles, Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, México, 1981, Editorial Mc Graw Hill.