



Universidad
Continental

Mecánica de Suelos II

Guías de Laboratorio



Visión

Los Talleres y Laboratorios de la Universidad Continental se encuentran equipados con diversos instrumentos de medición, simuladores virtuales, máquinas industriales, entre otros; donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según el área académica a la que se enfoque; utilizándose como herramientas de enseñanza para afirmar los conocimientos adquiridos en el proceso de formación profesional. SGC ISO 9001:2015

Misión

En el año 2019, los Talleres y Laboratorios de la Universidad Continental serán reconocidos a nivel regional y nacional como laboratorios referentes por la alta calidad del servicio que prestan a nuestros clientes en apoyo de la formación profesional. SGC ISO 9001:2015



Normas básicas de laboratorio

El presente Manual de Guías de Laboratorio para Mecánica de Suelos II en la Universidad Continental S.A.C., tiene por finalidad estandarizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio, de los materiales que se utilizan en los ensayos programados en el Silabo del curso, con el objeto de asegurar que su difusión y como consecuencia el conocimiento de los estudiantes correspondan a los estándares de calidad propuestos en estas guías, para la adecuada formación de los estudiantes de la E.A.P. de Ingeniería Civil.



Índice

Visión	2
Misión	2
Normas básicas de laboratorio	3
Índice	4
Guía de práctica N° 1: Ensayo de Corte Directo	5
Guía de práctica N° 2: Compresión no confinada en muestras de suelos (compresión simple)	13

Guía de práctica N° 1:

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Sección :Docente: Escribir el nombre del docente

Fecha :/...../2017

Duración: Indica. Tiempo

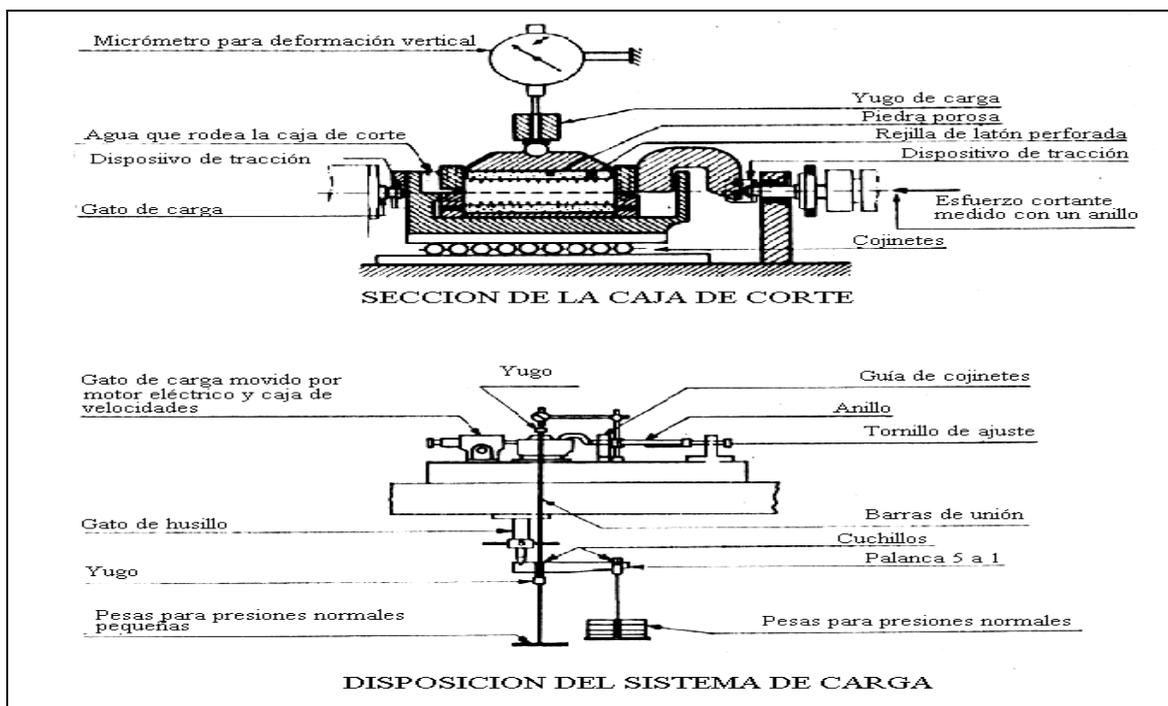
Instrucciones: El uso y manejo de los recursos de laboratorio son exclusivamente con el uso obligatorio de los elementos de protección personal.

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método del corte directo.

2. Fundamento Teórico

Este modo operativo es adecuado para la determinación rápida de las propiedades de resistencia de materiales drenados y consolidados. Debido a que las trayectorias de drenaje a través de la muestra son cortas, se permite que el exceso de presión en los poros sea disipado más rápidamente que con otros ensayos drenados. El ensayo puede ser hecho en todo tipo de suelos inalterados, remoldeados o compactados. Hay sin embargo una limitación en el tamaño máximo de las partículas presentes en las muestras.



3. Equipos, Materiales y Reactivos



3.1. Equipos

Ítem	Equipo	Característica	Cantidad
1	Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte	Anillo de carga con una precisión de 2,5 N (0,5 lb)	1
2	balanza	Precisión 0.1gr	1
3	Piedras porosas (e)	no sea susceptible a la corrosión	2
4	Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal.	para mantener una variación máxima de $\pm 1 \%$	1
5	Equipo para el corte de la muestra. (b)	tallar la muestra	1
6	Base de la caja de corte (a)	base sólida con dispositivos para alinear la mitad de la caja de corte	1
7	Indicadores de deformación o diales. (d)	medir los cambios en el espesor de la muestra	3
8	Estufa u Horno de secado	Capaz de mantenerse a 110 ± 5 °C	1

3.2. Materiales

Ítem	Material	Característica	Cantidad
1	Recipiente	Para muestras de humedad	5
2	cronometro	Medición de tiempos	1
3	Espátula	general	1
4	Cuchillo	Tallado de muestra	1
5	enrazador	Nivelador de excedente	1
6	Agua destilada	Saturación de muestra	4 litros
7	otros elementos necesarios (c)	-	-



4. Indicaciones/instrucciones:

- 4.1 Usar correctamente los elementos de protección personal para realizar el ensayo.
- 4.2 Mantener el orden de los recursos para cada procedimiento.

5. Procedimientos:

Primero

- Se ensambla la caja de corte con los marcos alineados y se bloquea. Se aplica una capa de grasa entre los marcos para lograr impermeabilidad durante la consolidación y reducir la fricción durante el corte. Pueden también usarse espaciadores o superficies recubiertas con tetrafluoretileno- fluoruro carbono, para reducir la fricción durante el corte.
- Se introduce la muestra de ensayo con sumo cuidado. Se conecta el dispositivo de carga y se ajusta el dial para medir tanto la deformación durante el corte, como el cambio del espesor de la muestra y luego se determina el espesor inicial. La costumbre de humedecer las piedras porosas antes de la colocación y aplicación de la fuerza normal sobre las muestras, dependerá del tipo de problema en estudio. Para muestras inalteradas obtenidas bajo el nivel freático, deben humedecerse las piedras.
- Para suelos expansivos se debe efectuar el humedecimiento después de la aplicación de la fuerza normal, para evitar expansiones que no son representativas de las condiciones de campo.

Segundo

- Se debe permitir una consolidación inicial de la muestra bajo una fuerza normal adecuada. Después de aplicar la fuerza normal predeterminada, se llena el depósito de agua hasta un nivel por encima de la muestra, permitiendo el drenaje y una nueva consolidación de la misma. El nivel del agua se debe mantener durante la consolidación y en las fases siguientes de corte de tal manera que la muestra esté saturada en todo momento.

Tercero

- La fuerza normal que se aplique a cada una de las muestras depende de la información requerida.
- Un solo incremento de ella puede ser apropiado para suelos relativamente firmes. Para los demás suelos pueden ser necesarios varios incrementos con el objeto de prevenir el daño de la muestra. El primer incremento dependerá de la resistencia y de la sensibilidad del suelo. En general, esta fuerza no debe ser tan grande que haga fluir el material constitutivo de la muestra por fuera del dispositivo de corte.

Cuarto

- Durante el proceso de la consolidación deben registrarse las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados, antes de aplicar un nuevo incremento de la fuerza.



- Cada incremento de la fuerza normal debe durar hasta que se complete la consolidación primaria.
- El incremento final debe completar la fuerza normal especificada.
- Se representan gráficamente las lecturas de la deformación normal contra el tiempo
- Corte de la muestra. Luego de terminada la consolidación se deben soltar los marcos separándolos aproximadamente 0,25mm (0,01"), para permitir el corte de la muestra.
- Se debe aplicar la fuerza de corte lentamente para permitir la disipación completa del exceso de presión de poros.

Quinto

- En el ensayo con control de deformaciones, la velocidad de aplicación de cargas puede determinarse, aproximadamente, dividiendo la deformación estimada de corte, durante el esfuerzo máximo de corte, por el tiempo calculado para la falla.
- Se continúa el ensayo hasta que el esfuerzo de corte sea constante, o hasta que se logre una deformación del 10% del diámetro o de la longitud original.
- En el ensayo con control de esfuerzos, se comienza con incrementos de la fuerza de corte de aproximadamente un 10 % de la máxima estimada.
- Antes de aplicar un nuevo incremento, se permitirá por lo menos un 95 % de consolidación bajo el incremento anterior.
- Cuando se ha aplicado del 50% al 70% de la fuerza de falla estimada, los nuevos incrementos serán de la mitad del valor de los aplicados hasta ese momento, o sea el 5% de la máxima fuerza de corte.
- En la proximidad de la falla, los incrementos de la fuerza pueden ser iguales a un cuarto del incremento inicial (2,5 % de la fuerza normal de corte estimada).

Sexto

- Se debe llevar registro de la fuerza de corte aplicada y la deformación normal y de corte para intervalos convenientes de tiempo. Con preferencia, el incremento de la fuerza de corte debe ser continuo.
- Terminado el ensayo, se remueve la muestra completa de la caja de corte, se seca en la estufa y se determina el peso de los sólidos.





6. Resultados

<p>CALCULO ESFUERZO DE CORTE NOMINAL</p> $\tau = \frac{F}{A}$ <p>τ = Esfuerzo de corte nominal (lbf/pulgadas² * KPa) F = Fuerza cortante (lbf, n) A = Área inicial del espécimen (pulgadas², mm²)</p> <p>ESFUERZO NORMAL</p> $\sigma_n = \frac{N}{A}$ <p>σ_n = Esfuerzo de corte normal (lbf/pulgadas² * KPa) N = Fuerza normal vertical aplicada que actúa sobre el espécimen (Lbf, N)</p> <p>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN</p> $d_r = \frac{d_h}{T_e}$ <p>d_r = Velocidad de desplazamiento (pulgadas/ min, mm/min)) d_h = Desplazamiento lateral relativo (pulgadas/ min)</p> <p>T_e = Tiempo transcurrido en el ensayo (min)</p> <p>ESFUERZO DE CORTE</p> $E = \frac{K * Ld}{A}$ <p>E = Esfuerzo de corte K = constante del anillo de carga 0.315 para el equipo de corte residual Ld = Lectura de la columna dial de carga A = Área del molde</p> <p>DEFORMACION TANGENCIAL $Def = LecDef * 0.001$</p> <p>Def = Deformación tangencial (cm) $LecDef$ = Lectura del dial de deformación tangencial</p>
--

7. Conclusiones

- 7.1 Este ensayo puede realizarse sobre todos los tipos de suelos, con muestras inalteradas y remoldeadas.
- 7.2 La velocidad de aplicación de la carga, depende de las características de consolidación del suelo
- 7.3 Es necesario de mínimo 2 personas para la operación y lectura del equipo

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- Cumplimiento estricto de los procedimientos establecidos en la presente Guía, priorizando la seguridad de los estudiantes que participen en ellas.



Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- ASTM D 3080: Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
- MTC E 123
- Braja M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica (7ª ed.). International Thomson Editores. Biblioteca UC. Código. 624.15136 D28
- Manual de Ensayos de Laboratorio EM – 2000. Aprobado mediante R.D. N° 018-2016-MTC/14 del 03/09/2016 www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/.../index.htm
- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Aprobado mediante R.D. N° 010-2014-MTC/14 del 09/04/2014. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf



Guía de práctica N° 2:

COMPRESION NO CONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS (compresión simple)

Sección :Docente: Escribir el nombre del docente

Fecha :/...../2017

Duración: Indica. Tiempo

Instrucciones: El uso y manejo de los recursos de laboratorio son exclusivamente con el uso obligatorio de los elementos de protección personal.

1. Propósito /Objetivo (de la práctica):

Indicar la forma de realizar el ensayo para determinar la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos bajo condiciones inalteradas o remoldeadas, aplicando carga axial, usando cualquiera de los métodos de resistencia controlada o deformación controlada. Sirve únicamente para suelos cohesivos.

2. Fundamento Teórico

- El propósito principal de realizar la prueba de compresión no confinada es para rápida obtención de un valor aproximado de resistencia a la compresión de suelos que poseen suficiente cohesión para poder ser ensayados en el estado no confinado.
- Muestras de los suelos que presentan un plano de falla o una estructura fisurada, muestras de algunos tipos de margas, arcillas blandas, suelos secos que tienden a desmoronarse y los materiales estratificados, o muestras que contienen porciones significantes de arenas, limos o ambos (todas las que exhiben propiedades cohesivas), frecuentemente muestran mayores resistencias al corte cuando son ensayados de acuerdo con la norma MTC E 131. Además, los suelos no saturados usualmente exhiben diferentes resistencias al corte cuando son ensayados de acuerdo con la norma MTC E 131.
- Si puede determinar la sensibilidad de un material si se efectúa un ensayo inalterado y uno remoldeado en la misma muestra. Este método para determinar la sensibilidad solo es adecuado en suelos que pueden moldearse en un espécimen de forma estable en el estado remoldeado.
- Resistencia a la compresión no confinada, es la carga por unidad de área a la cual una probeta de suelo, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple.

Nota 1. Para suelos que no mantienen su forma estable, puede emplearse el ensayo de resistencia al corte con veletas o la norma MTC E 131. En cuanto a los suelos que no retendrán la forma estable, se podrá realizar una prueba de corte de paleta o la norma MTC E 131 para determinar la sensibilidad.

MUESTRA

- Tamaños de la probeta. La probeta será de sección aproximadamente constante, circular o cuadrada y eje perpendicular a dicha sección. Su diámetro o lado no debe ser inferior a 30 mm (1,3") y en suelos que presentan discontinuidades se recomienda que sea de mayor tamaño. La mayor partícula contenida en su interior debe ser, como máxima, igual a 1/10 del diámetro o lado. Si una vez terminado el ensayo, se encuentran partículas mayores que dicho tamaño, se hará constar esto, junto con los resultados. Para muestras con diámetro igual o mayor de 72 mm, el tamaño de la partícula deberá ser menor a 1/6 del diámetro o lado.
- La relación de la altura al diámetro o al lado de la base debe ser aproximadamente igual y no inferior a 2.
- El término probeta se aplica a la muestra ya tallada. Cuando la altura no cumpla con las dimensiones indicadas, deberá anotarse en el informe.
- La dimensión longitudinal de la probeta cortada debe coincidir con la dirección vertical de la muestra original.

4.2 **Probetas inalteradas.** Si se trata de muestras de tubo, hay que manejarlas con gran cuidado para evitar su alteración, cambios en la sección transversal o la pérdida de humedad.



- Si se teme que el dispositivo de extracción pueda dañar la muestra, puede hendirse el tubo longitudinalmente o cortarlo en trozos más pequeños para facilitar la extracción de la muestra sin alterarla.
- Si se trata de arcilla no dura, se recomienda, cuando sea posible, tallar la muestra para eliminar las zonas alteradas próximas a las paredes del tubo. En general, deben desecharse las partes alteradas de la muestra.
- En caso de disponerse de cámara húmeda, las operaciones de tallado deben realizarse en ella con el fin de que el suelo permanezca el menor tiempo posible expuesto a la pérdida de humedad. Puede emplearse un torno o tallador como el de la Figura 1, y para recortar los extremos la sierra de alambre y una caja de ingletes. Para evitar el desarrollo de fuerzas capilares que se consideren importantes, en cuanto una probeta haya sido cortada, se envuelve en papel celofán o encerado, o se coloca en un recipiente hermético a menos que inmediatamente se realice el ensayo. Si lo que queda de la muestra inalterada original se va a usar otra vez, debe cubrirse nuevamente.



- Cuando los extremos de la probeta quedan irregulares debido a la existencia de piedras, desmoronamiento de la muestra, etc., se deben igualar las caras rellenando los pequeños
- agujeros con suelo de los cortes. Si se trata de muestras duras, es conveniente refrentar las caras de modo que queden perfectamente paralelas, Esto puede hacerse mediante un corte de precisión o añadiendo una capita de azufre o material duro análogo en un "refrentador".
- Se determina el peso de las probetas y separadamente se toma una muestra para determinar la humedad. El peso debe excluir la capa de material utilizado para refrentar la probeta.
- **Probetas remoldeadas.** Si se desea ensayar una muestra de arcilla saturada "remoldeada", por ejemplo para determinar la sensibilidad, se procede del siguiente modo: se amasa perfectamente el suelo de manera que se destruya completamente su estructura anterior. Si se desea conservar la humedad que tenía la muestra original, es conveniente envolver el material en una membrana de caucho fino durante esta operación.
- Para formar el espécimen puede emplearse un tubo metálico cilíndrico hueco de altura algo mayor que el doble del diámetro, en cuyo interior penetra un cilindro de madera del mismo diámetro que la probeta, cubierto con un disco de aluminio. Las paredes del tubo hueco se deben lubricar con vaselina.
- La probeta se moldea contra el disco de aluminio y se hace retroceder el cilindro de madera a medida que se añade más arcilla. Hay que tener cuidado de que no se introduzca aire en la probeta durante esta operación, con el objeto de mantener el grado de saturación anterior al amasado. Cuando dentro del tubo haya un cilindro de arcilla de altura un poco superior al doble del diámetro, se empuja el cilindro de madera en sentido contrario para extraer la muestra.
- Para efectos de esta norma, la sensibilidad se define como el cociente entre la resistencia a la compresión simple de la muestra inalterada y la resistencia a la compresión simple de la muestra remoldeada sin pérdida de humedad. Como es inevitable que durante las operaciones citadas la muestra pierda algo de humedad, puede ser conveniente realizarlas con las manos algo húmedas, o bien obtener la resistencia de la muestra remoldeada a partir de un gráfico que relacione la resistencia y la humedad en dichas muestras.
- En muchos casos, puede ser conveniente remoldear la muestra con los mismos restos de la inalterada una vez rota. En tales circunstancias, no es posible hallar la humedad en la muestra inalterada con la totalidad de la probeta.

- 4.3 **Probetas compactadas.** También puede compactarse una muestra en un molde a una humedad y peso unitario prefijado. Después que la probeta se haya formado, se le cortan extremos perpendiculares al eje longitudinal, se extrae del molde y se determinan su peso y dimensiones.

La experiencia indica que es difícil manejar, compactar y obtener resultados válidos con probetas que tienen un grado de humedad superior al 90 % de la saturación de la muestra de suelo.



5. Procedimientos:

Paso 1

- Se miden la altura y el diámetro o lado de la probeta, con una precisión de 0,1 mm mediante un calibrador con nonio o un objeto análogo.
- En probetas de gran tamaño puede adoptarse una precisión menor y proporcional al tamaño de la muestra.

Paso 2

- Se pesa la muestra.
- Se coloca la probeta en la prensa de modo que quede perfectamente centrada. Se acciona el dispositivo de avance lo estrictamente necesario para que la probeta toque a la placa superior de la prensa. Se pone en cero el indicador de deformaciones.
- El ensayo podrá hacerse controlando la deformación o controlando la carga.

Paso 3

- Para el caso de la deformación controlada, se acciona la prensa de modo que la velocidad de deformación unitaria de la probeta esté comprendida entre $\frac{1}{2}$ % y 2% por minuto. Se toman medidas de las deformaciones y de las cargas cada 30 segundos hasta que las cargas comiencen a disminuir o hasta llegar a una deformación axial del 20% (lo



que antes suceda). Se escogerá una velocidad (normalmente entre 10 a 15 puntos serán suficientes) en que la rotura ocurra en un lapso entre 1 y 10 minutos. En el caso de materiales muy blandos que exhiben deformaciones mayores a la falla, deberán ensayarse a una velocidad mayor de deformación y lo inverso para los materiales duros o quebradizos.

- Si se trata de una probeta de suelo muy duro, en la cual la deformación a la rotura sea muy pequeña, la curva esfuerzo-deformación no quedará debidamente representada en dicho gráfico. En ese caso, es posible despreciar el aumento de sección durante la carga.
- Cuando interesa hallar el módulo de deformación en probetas de suelo muy duro, es conveniente medir la deformación mediante extensómetros o por otro procedimiento que elimine las deformaciones en la base.

Paso 4

- Cuando se empleen esfuerzos controlados, se aplicará la carga para que produzca una deformación axial a una razón de $\frac{1}{2}$ % a 2 % por minuto y se registrarán los esfuerzos y las deformaciones cada 30 s. La velocidad de deformación se regulará en tal forma que la falla de probetas sin refrendar nunca sobrepase de 10 minutos. La carga deberá proseguirse hasta que decrezcan los valores de la carga con el aumento de sección que se produce en la probeta durante la rotura, lo cual se traduce en una disminución del esfuerzo aplicado.

Paso 5

- Hágase un esquema de la forma de rotura. Si la rotura se produce a través de un plano inclinado, es conveniente medir el ángulo de inclinación de dicho plano.
- De la parte de la probeta en donde se ha producido la rotura se toma una pequeña muestra en el recipiente y se determina su humedad. También se determina la humedad de toda probeta, anotando los pesos y haciendo las operaciones que se indican en la hoja de cálculos.



6. Resultados

CALCULOS

La deformación unitaria, σ , se calculará con la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{6L}{L_0}$$

Donde:

- σ = Deformación unitaria axial para la carga dada.
- $6L$ = Cambio en longitud de la muestra, igual al cambio entre la lectura inicial y final del indicador de deformación, m (pulgada.)
- L_0 = Longitud inicial de la muestra, mm (pulgada.)

Calcúlese la sección transversal promedio de la muestra, A , para una carga dada así:

$$A = \frac{A_0}{(1-\sigma)}$$

Donde:

- σ = Deformación unitaria axial para la carga dada
- A_0 = Área inicial promedio de la probeta.

$$A_0 = \frac{(At + 2 \cdot Am + Ab)}{4}$$

⊕

- At = Área en la parte superior de la probeta
- Am = Área en la parte media de la probeta
- Ab = Área de la parte inferior de la probeta

El área A , puede calcularse alternativamente a partir de dimensiones obtenidas por medición directa, cuando pueden medirse las superficies de la probeta.

Es útil preparar un gráfico que dé para cada deformación el área corregida correspondiente, de acuerdo con los diámetros iniciales de las muestras que se empleen en el ensayo, como se ilustra en la Figura 2.

Calcúlese el esfuerzo, σ_c con tres cifras significativas o con una aproximación de 1 kPa (0,01 kg/cm²)

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- P = Carga aplicada dada
- A = Área de la sección promedio correspondiente.

Prepárese un gráfico que muestre la relación entre el esfuerzo (ordenada) y la deformación unitaria deformación, el que ocurra primero entre las dos, e infórmese como resistencia a la compresión no confinada. Siempre que se considere necesario para una interpretación adecuada, se incluirá el gráfico correspondiente en el informe (véase Figura 3).

Dicha resistencia se emplea también para calificar la consistencia del suelo como muy blanda, blanda, mediana, firme, muy firme y dura de acuerdo con el valor obtenido en la siguiente forma:

Consistencia del suelo	Resistencia a la Compresión no confinada	
	kg/cm ²	(kPa)
Muy blanda	< 0,25	(< 25)
Blanda	0,25-0,50	(25- 50)
Mediana	0,50-1,00	(50-100)
Firme	1,00-2,00	(100-200)
Muy firme	2,00-4,00	(200-400)
Dura	> 4,00	(> 400)



7. Conclusiones

- 7.1 Cuando los extremos de la probeta quedan irregulares debido a la existencia de piedras, se deben igualar las caras rellenando los pequeños agujeros con suelo de los cortes.
- 7.2 La muestra debe pasar el menor tiempo posible expuesto a la pérdida de humedad.
- 7.3 Se debe realizar el tallado en la geometría correcta para la ubicación en la prensa.

8. Sugerencias y /o recomendaciones

- Cumplimiento estricto de los procedimientos establecidos en la presente Guía, priorizando la seguridad de los estudiantes que participen en ellas.

Referencias bibliográficas consultadas y/o enlaces recomendados

- ASTM D 2166: Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- AASHTO T 208: Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.
- NTP 339.167: Método de Ensayo Estandar para la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos.
- MTC E 121
- Braja M. Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica (7ª ed.). International Thomson Editores. Biblioteca UC. Código. 624.15136 D28
- Manual de Ensayos de Laboratorio EM – 2000. Aprobado mediante R.D. N° 018-2016-MTC/14 del 03/09/2016 www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/.../index.htm
- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Aprobado mediante R.D. N° 010-2014-MTC/14 del 09/04/2014. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf