

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

1 - ALCANCE

1.1 - Este método describe y regula el método de ensayo para la determinación de la resistencia al corte de una muestra de suelo, sometida previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de cizalladura o corte directo mientras se permite un drenaje completo de ella. El ensayo se lleva a cabo deformando una muestra a velocidad controlada, cerca a un plano de cizalladura determinado por la configuración del aparato de cizalladura. Generalmente se ensayan tres o más especímenes, cada uno bajo una carga normal diferente para determinar su efecto sobre la resistencia al corte y al desplazamiento y las propiedades de resistencia a partir de las envolventes de resistencia de Mohr.

1.2 - Los esfuerzos de cizalladura y los desplazamientos no se distribuyen uniformemente dentro de la muestra y no se puede definir una altura apropiada para el cálculo de las deformaciones por cizalladura. En consecuencia, a partir de este ensayo no pueden determinarse las relaciones esfuerzo-deformación o cualquier otro valor asociado, como el módulo de cizalladura.

1.3 - La determinación de las envolventes de resistencia y el desarrollo de criterios para interpretar y evaluar los resultados del ensayo se dejan a criterios del ingeniero o de la oficina que solicita el ensayo.

1.4 - Los resultados del ensayo pueden ser afectados por la presencia de partículas de suelo o fragmentos de roca, o ambos (ver el numeral 6).

1.5 - Las condiciones del ensayo, incluyendo los esfuerzos normales y la humedad, son seleccionadas para representar las condiciones de campo que se investigan. La velocidad de deformación debe ser lo suficientemente lenta para asegurar las condiciones de drenaje equivalentes a una presión intersticial nula.

2 - TERMINOLOGÍA

2.1 - Las definiciones de este método corresponde a los datos en el Norma D653.

2.2 - Descripción de términos propios de esta norma.

2.2.1 - *Desplazamiento lateral relativo*: desplazamiento horizontal de la mitad superior de la caja de cizalladura respecto a la mitad inferior.

2.2.2 - *Estado de esfuerzos en condiciones de falla para un espécimen*. Normalmente se acepta que la falla corresponde al máximo esfuerzo de cizalladura alcanzado, o al esfuerzo de cizalladura cuando ha tenido lugar del 15% al 20% de desplazamiento lateral relativo. Dependiendo del comportamiento del suelo y de la aplicación en el campo pueden definirse otros criterios más adecuados.

3 - RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

Este ensayo consiste en colocar el espécimen del ensayo en una caja de cizalladura directa, aplicar un esfuerzo normal determinado, humedecer o drenar el espécimen de ensayo, o ambas cosas, consolidar el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltar los marcos que contienen la muestra y desplazar un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad

constante de deformación y medir la fuerza de cizalladura y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es cizallada.

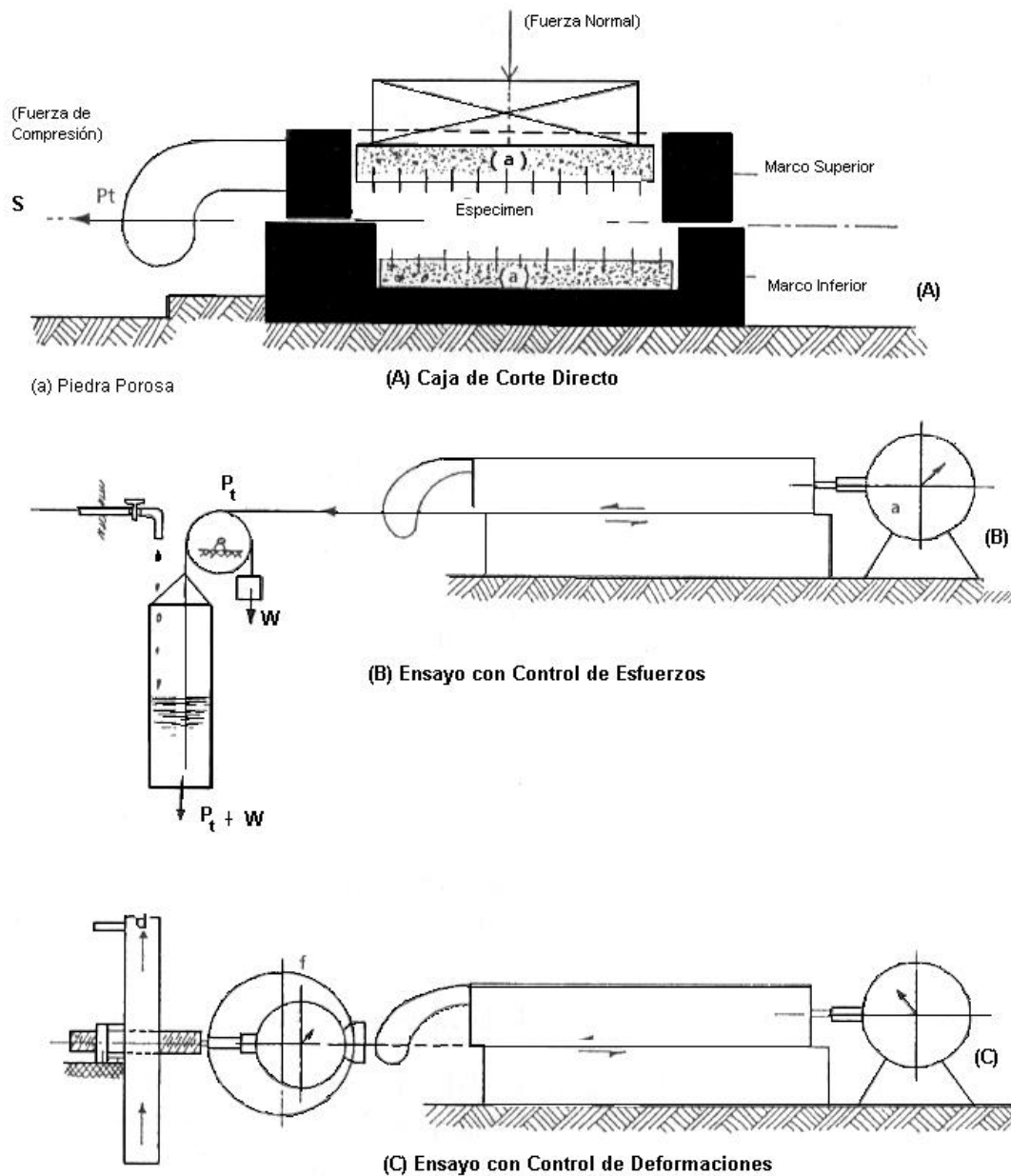


Figura 1. Caja de cizalladura

4 - SIGNIFICADO Y USO

4.1 - El ensayo de cizalladura directa es adecuado para la determinación relativamente 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 (ver numeral 8.11).

4.2 - Los resultados del ensayo son aplicables para estimar la resistencia al corte en una situación de campo donde ha tenido lugar una completa consolidación bajo los esfuerzos normales actuales. La ruptura ocurre lentamente bajo condiciones drenadas, de tal manera que los excesos de presión en los poros quedan disipados. Los resultados de varios ensayos pueden ser utilizados para expresar la relación entre los esfuerzos de consolidación y la resistencia a la cizalladura en condiciones drenadas.

4.3 - Durante el ensayo de cizalladura hay rotación de los esfuerzos principales, lo que puede o no corresponder a las condiciones de campo. Aun más, la ruptura puede no ocurrir en un plano de debilidad, puesto que ella tiene que ocurrir cerca a un plano horizontal en la parte media del espécimen. La localización fija del plano de ruptura en el ensayo puede ser una ventaja en la determinación de la resistencia al corte a lo largo de planos reconocidamente débiles dentro del material del suelo y para analizar las interfases entre materiales diferentes.

4.4 - Los esfuerzos de cizalladura y los desplazamientos no están distribuidos uniformemente dentro de la muestra y no puede definirse una altura apropiada para calcular las deformaciones de cizalladura o cualquier otra cantidad asociada de interés en geotecnia. La baja velocidad de desplazamiento asegura la disipación de los excesos de presión de los poros, pero también permite el flujo plástico de suelos cohesivos blandos. Debe tenerse cuidado de asegurar que las condiciones del ensayo representen las condiciones que se están investigando.

4.5 - El intervalo de los esfuerzos normales, la velocidad de deformación y las condiciones generales del ensayo deben ser seleccionadas para reflejar las condiciones específicas del suelos que se está investigando.

5 - EQUIPO

5.1 - *Aparato de cizalladura*: instrumento diseñado y construido para contener de manera segura la muestra entre dos bloques porosos de tal modo que no se aplique un torque a la muestra. El aparato de cizalladura debe estar en condiciones de aplicar un esfuerzo normal a las caras del espécimen, medir el cambio de espesor del espécimen, permitir el drenaje del agua a través de los bloques porosos en las fronteras superior e inferior de la muestra y de sumergir la muestra en agua. El aparato debe ser capaz de aplicar una fuerza de cizalladura al espécimen a lo largo de un plano de cizalladura predeterminado (cizalladura simple) paralelo a las caras de la muestra. Los marcos que contienen el espécimen deben ser lo suficientemente rígidos para prevenir su distorsión durante el ensayo. Las diferentes partes del aparato de cizalladura, deben ser construidas de un material que no esté sujeto a la corrosión por humedad o por sustancias que se encuentren en el suelo, por ejemplo acero inoxidable, bronce, aluminio, etc. No se permite la combinación de metales que puedan dar lugar a un efecto galvánico.

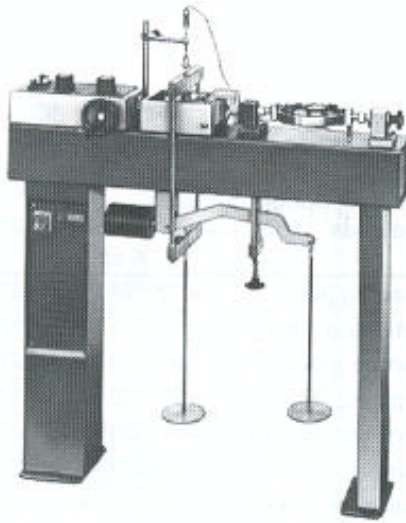


Figura 2. Aparato de Cizalladura

5.2 - Caja de cizalladura: una caja de cizalladura, circular o cuadrada, hecha de acero inoxidable, bronce o aluminio, con dispositivos para el drenaje a través de su parte superior e inferior. Esta caja debe estar dividida verticalmente por un plano horizontal en dos mitades de espesor igual que se ajustan con tornillos de alineación. La caja de cizalladura está provista con tornillos de separación, que controlan el espacio entre sus mitades superior e inferior.

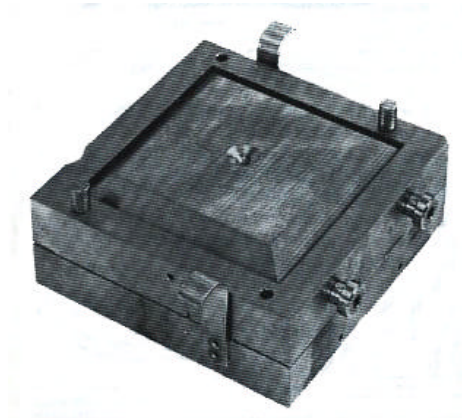


Figura 3. Caja de cizalladura

5.3 - Bloques permeables (piedras porosas): Los bloques permeables permiten el drenaje de la muestra de suelo a lo largo de los extremos superior e inferior de la muestra. Los bloques permeables tienen también como función transferir los esfuerzos de cizalladura horizontal del bloque a los bordes superior e inferior del espécimen. Los bloques permeables deben consistir de carburo de silicio, óxido de aluminio o un metal que no esté sujeto a la corrosión por sustancias del suelo. El grado adecuado del bloque depende del suelo que se vaya a analizar. La permeabilidad del bloque debe ser substancialmente mayor que la del suelo, pero debe tener una textura lo suficientemente fina para prevenir una intrusión excesiva en

los poros del bloque. El diámetro o anchura del bloque poroso o de la platina superior debe ser de 0.2 mm a 0.5 mm menos que la medida interior de la caja. Si el bloque tiene como función transferir los esfuerzos horizontales del suelo, debe ser lo suficientemente rugoso para desarrollar una adherencia por fricción. Este efecto se puede conseguir con chorro de arena o maquinado del bloque, pero su superficie no debe ser tan irregular que cause grandes concentraciones de esfuerzos en el suelo.



Figura 4. Bloques permeables (piedras porosas)

Nota 1: No se han establecido criterios exactos para definir la textura y la permeabilidad de los bloques. Para un ensayo de suelo corriente, se consideran apropiados los bloques de grado medio con una permeabilidad de aproximadamente 5×10^{-4} a 1×10^{-3} cm/s, para analizar limos y arcillas, y bloques de grado grueso con una permeabilidad de 5×10^{-2} a 1×10^{-1} cm/s para arenas. Es importante que la permeabilidad del bloque poroso no vea reducida por la acumulación de partículas de suelo en los poros del bloque. En consecuencia, es necesario un frecuente examen y limpieza (por lavado y ebullición o por limpieza ultrasónica) para asegurar la permeabilidad necesaria.

5.4 - MECANISMOS DE CARGA

5.4.1 - Mecanismo para aplicar y medir la fuerza normal: La fuerza normal puede aplicarse con un marco de carga activado por pesas o mediante un mecanismo neumático de carga. El instrumento debe ser capaz de mantener la fuerza normal dentro de una variación de $\pm 1\%$ de la fuerza, rápidamente y sin excederla.

5.4.2 - Mecanismo para cizallar la muestra: El instrumento utilizado debe ser capaz de cizallar la muestra a una velocidad uniforme de desplazamiento con una desviación menor de $\pm 5\%$, y debe permitir el ajuste de la velocidad de desplazamiento desde 0.0025 a 1.0 mm/min. La velocidad que se aplique depende de las características de consolidación de los suelos (ver el numeral 8.13). La velocidad normalmente se mantiene con un motor eléctrico y un motorreductor y la fuerza de cizalladura se determina por un instrumento indicador de carga como una celda o un anillo de carga.

5.4.3 - El peso de la parte superior de la caja de cizalladura debe ser menos de 1% de la fuerza normal aplicada: Esto puede requerir que la parte superior de la caja de cizalladura sea modificada y soportada por una fuerza vertical de sentido contrario a la gravitacional.

Nota 2: La cizalladura del espécimen de ensayo a una velocidad mayor que la especificada, puede producir resultados de cizalladura del material parcialmente drenados, que difieren de la resistencia del material drenado.

5.5 - Instrumento de medición de la fuerza de cizalladura: Un anillo de carga o celda de carga con precisión de 2.5 N (0.25 Kg) o 1% de la fuerza de cizalladura en condiciones de ruptura, lo que sea mayor.



Figura 5. Anillo de carga

5.6 - *Soporte de la caja de cizalladura:* Una caja o marco metálico que soporte la caja de cizalladura y suministre a una reacción contra la que se apoye la mitad de la caja de cizalladura, o una base sólida que permita la alineación de la mitad de la caja de cizalladura, que permanezca libre para moverse en la dirección de la fuerza de cizalladura aplicada en un plano horizontal.

5.7 - *Cuarto de humedad controlada:* Si se requiere, para preparar las muestras de modo que las variaciones de humedad sean minimizadas durante la preparación de las muestras.

5.8 - *Anillo de corte,* para recortar las muestras de tamaño mayor a las dimensiones internas de la caja de cizalladura con un mínimo de alteración. Puede necesitarse una plantilla o moruna mordaza exterior para mantener el alineamiento de la muestra con la caja de cizalladura.

5.9 - *Indicadores de deformación:* Calibradores de carátula o transductores de desplazamiento capaces de medir el cambio de espesor de la muestra con una sensibilidad de por lo menos 0.002 mm y medir desplazamientos horizontales con una sensibilidad de por lo menos 0.02 mm.

5.10 - Equipo para la determinación del contenido de agua, de acuerdo con las especificaciones de la norma *D2216*.

5.11 - Equipo para remoldear y compactar las muestras si es necesario.

5.12 - *Equipo misceláneo* que incluye un cronometro, con un segundero, agua destilada o desmineralizada, espátulas, cuchillos, enrasadores, sierras de alambre, etc. utilizados para la preparación de la muestra.

6 - MUESTRA

6.1 - La muestra utilizada en la preparación del espécimen debe ser suficientemente grande de manera que puedan ser preparadas por lo menos un mínimo de tres especímenes similares. Prepare los especímenes en un ambiente de temperatura y humedad controlada para minimizar la ganancia o pérdida de humedad.

6.1.1 - Debe tenerse mucho cuidado al preparar los especímenes inalterados de suelos sensitivos para prevenir la alteración de la estructura natural del suelo. Determine la masa inicial de la muestra húmeda que se utilizara para calcular el contenido inicial de agua y el peso unitario del espécimen.

6.1.2 - El diámetro mínimo del espécimen para las muestras circulares o el ancho para los especímenes cuadrados debe ser 50 mm, o no menos que 10 veces el diámetro máximo de

partícula, lo que sea mayor, y de acuerdo con la relación ancho a espesor especificada en el numeral 6.3.

6.2 - El espesor mínimo inicial del espécimen debe ser 12 mm, pero no menor que seis (6) veces el tamaño máximo de partícula.

6.3 - La relación mínima entre el diámetro y el espesor del espécimen debe ser 2: 1.

Nota 3: Si se encuentran partículas grandes de suelo en el suelo después del ensayo, debe llevarse a cabo un análisis granulométrico de acuerdo con la norma D422, para confirmar las observaciones visuales y el resultado debe registrarse en el informe.

6.4 - PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

6.4.1 - *Muestras inalteradas:* Prepare los especímenes a partir de muestras grandes inalteradas o de muestras obtenidas de acuerdo con la Norma D1587 u otros procedimientos de muestreo inalterado con tubos. Las muestras inalteradas deben ser preservadas y transportadas como se define para las muestras de los grupos C o D en la Norma D4220. Manipule los especímenes cuidadosamente para minimizar la alteración, los cambios en la sección transversal o la pérdida en el contenido de humedad. Si hay lugar a compresión o cualquier otro tipo de alteración notoria por el extractor, parta longitudinalmente el tubo de muestreo o córtelo en pequeñas secciones para facilitar la remoción del espécimen con un mínimo de alteración. Prepare muestras recortadas, siempre que sea posible en un ambiente que minimice los cambios de humedad del espécimen.

Nota 4: Es deseable contar con un cuarto con una alta humedad controlada para este objeto.

6.4.2 - *Especímenes compactados:* Los especímenes serán preparados utilizando el método de compactación y el contenido de agua y el peso unitario prescrito por el cliente que solicita el ensayo. Arme y asegure la caja de cizalladura. Coloque un bloque poroso en el fondo de la caja de cizalladura. Los especímenes pueden ser moldeados por amasado o compactando cada capa hasta que la masa acumulada de suelo colocada en la caja de cizalladura esté compactada hasta un volumen conocido o ajustando el número de capas, el número de golpes por capa y la fuerza por golpe. La parte superior de cada capa debe ser escarificada antes de la adición del material para la próxima capa. Los límites entre capas compactadas deben ser colocados de tal manera que no coincidan con el plano de cizalladura definido por las mitades de la caja de cizalladura, a menos que este sea el objeto establecido para un ensayo en particular. El compactador utilizado para densificar el material debe tener un área de contacto con el suelo igual o menor al 50% del área del molde. Determine la masa de suelo húmeda para una capa individual compactada y colóquela en la caja de cizalladura. Compacte el suelo hasta que obtenga el peso unitario deseado. Continúe colocando y compactando el suelo hasta que todo el espécimen esté compactado.

Nota 5: Puede utilizarse un ligero recubrimiento de grasa aplicado al perímetro interior de la caja de cizalladura para reducir la fricción entre ésta y el espécimen durante la consolidación, aunque en algunos aparatos de cizalladura el anillo superior necesita alguna fricción que lo sostenga después de que sean separadas las dos mitades de la caja de cizalladura. Puede utilizarse un ligero recubrimiento de grasa aplicado entre las mitades de la caja de cizalladura para reducir la fricción entre ellas durante el ensayo. También puede ser utilizado un recubrimiento de fluorocarbono de TFE sobre estas superficies en lugar de grasa para reducir la fricción.

Nota 6: El espesor requerido de la capa compactada puede ser determinada directamente midiendo el espesor de la capa o de las marcas dejadas en la varilla de compactación que corresponde al espesor de la capa que se está colocando.

Nota 7: La decisión de saturar los bloques porosos inundando la caja de cizalladura antes de aplicar la fuerza normal depende del problema que se estudie. Los bloques porosos normalmente son saturados cuando se analizan muestras inalteradas obtenidas por debajo del nivel freático. En el caso de suelo expansivo la secuencia de consolidación, humedecimiento y cizalladura debe simular las condiciones de campo. Determinar la masa compactada del espécimen a partir de la masa medida y compactada en el molde o por la diferencia entre la masa de la caja de cizalladura y la masa del espécimen compactado con la caja de cizalladura.

6.5 - El material requerido para el espécimen, debe ser preparado mezclando completamente el suelo con suficiente agua para producir el contenido de humedad deseado. Deje reposar el espécimen antes de la compactación de acuerdo con la siguiente guía:

<i>Clasificación Unificada</i>	<i>Tiempo mínimo de reposo (horas)</i>
SW, SP	Ninguno
SM	3
SC, ML, CL	18
MH, CH	36

6.6 - Puede prepararse también los especímenes compactados, compactando el suelo mediante los procedimientos y el equipo utilizados para determinar las relaciones de humedad-densidad de los suelos (Normas D698 y D1557) y recortando el espécimen para el ensayo de corte directo de la muestra así preparada, como si se tratara de una muestra inalterada.

7 - CALIBRACIÓN

7.1 - La calibración es la operación mediante la cual se determina la deformación del aparato cuando está sometido a la carga de consolidación de tal manera que para cada carga de consolidación la deflexión del aparato puede ser sustraída de las deformaciones observadas. En consecuencia sólo se registrará la deformación debida a la consolidación de la muestra para el ensayo completo. La calibración de las características de carga-deformación, necesita llevarse a cabo en el aparato cuando se pone por primera vez en servicio o cuando se cambian partes del aparato.

7.2 - Arme el aparato de cizalladura directa con un disco o placa metálica de calibración de espesor aproximadamente igual al del espécimen de ensayo deseado y alrededor de 5 mm más pequeño en diámetro o anchura.

7.3 - Coloque el indicador de desplazamiento normal, ajuste este indicador de manera que pueda ser utilizado para medir consolidación o expansión a partir de las lecturas del disco o placa de calibración. Registre la lectura cero o “sin carga”.

7.4 - Aplique incrementos de fuerza normal hasta alcanzar la capacidad del equipo, y registre las lecturas del indicador de desplazamiento normal y de la fuerza normal. Promedie los valores y prepare un gráfico de las deformaciones por carga del aparato como una función de la carga normal. Calcule la media de los resultados para futuras referencias en la determinación del espesor del espécimen de ensayo y de la compresión dentro del aparato mismo.

7.5 - Retire el disco o placa de calibración.

Nota 8 Puede aceptarse otros métodos de precisión probada para calibrar el aparato.

8 - PROCEDIMIENTO

8.1 - ARME LA CAJA DE CIZALLADURA.

8.1.1 - Muestra inalterada: coloque los bloques porosos húmedos sobre los extremos expuestos del espécimen en la caja de cizalladura, coloque la caja de cizalladura con el espécimen inalterado y los bloques porosos en el soporte de la caja de cizalladura y fíjela al soporte.

Nota 9: En algunos aparatos la parte superior de la caja de cizalladura se mantiene en su lugar mediante una varilla ranurada que se ajusta a un agujero en la misma mitad superior de la caja de cizalladura. La mitad inferior de la caja de cizalladura se fija al soporte mediante tornillos. En algunos aparatos la mitad superior de cizalladura se mantiene en su lugar mediante una platina de anclaje.

8.1.2 - Especímenes compactados: coloque la caja de cizalladura que contiene el espécimen compactado y los bloques porosos en el soporte y fíjela.

8.2 - Conecte y ajuste el sistema de carga de cizalladura de modo que no transmita fuerzas sobre el instrumento de medición de carga.

8.3 - Conecte y ajuste adecuadamente el instrumento de medición de desplazamiento horizontal utilizado para medir los desplazamientos de cizalladura. Haga una lectura inicial o coloque el instrumento de medición para indicar el desplazamiento cero.

8.4 - Coloque un bloque poroso húmedo y la placa de transferencia de carga en la parte superior del espécimen en la caja de cizalladura.

8.5 - Coloque el marco de carga de fuerza horizontal en posición y ajústelo de modo que la barra de carga quede horizontal. Si se utiliza un sistema de carga por palancas, nivele la palanca. En los sistemas de carga neumática ajuste el marco de carga hasta que asiente suavemente en la depresión de la placa de transferencia de carga, o coloque una esfera metálica sobre la placa de transferencia y ajuste el marco hasta que haga un contacto suave.

8.6 - Aplique una pequeña carga normal al espécimen. Verifique que todos los componentes del sistema de carga estén ajustados y alineados de tal manera que no quede restringido el movimiento de la placa de transferencia de carga en la caja de cizalladura. Registre la carga vertical y la carga horizontal aplicadas en el sistema.

Nota 10: La carga normal aplicada al espécimen debe ser aproximadamente 7kPa (0.07 kg/cm²).

8.7 - Fije y ajuste los instrumentos de medición y desplazamiento lateral y vertical. Obtenga las lecturas iniciales o coloque en cero los instrumentos de medición de desplazamiento vertical y horizontal.

8.8 - Si se requiere, llene la caja de cizalladura con agua y manténgala llena durante la ejecución del ensayo.

8.9 - Calcule y registre la fuerza normal requerida para obtener el esfuerzo normal deseado o el incremento subsiguiente. Aplique el esfuerzo normal deseado agregando las masas apropiadas en el extremo de la palanca o incrementando la presión neumática.

Nota 11: La fuerza normal utilizada para un espécimen depende de los datos requeridos. La aplicación de una fuerza normal en un solo incremento puede ser apropiado para suelos relativamente firmes. Para suelos relativamente blandos, puede ser necesario la aplicación de la fuerza normal en varios incrementos para prevenir el daño al espécimen.

8.10 - Aplique la carga normal deseada o los incrementos sucesivos al espécimen y comience a registrar las lecturas de la deformación normal vs. el tiempo transcurrido. Para todos los incrementos de carga verifique que la consolidación primaria ha tenido lugar completamente antes de continuar (vea la Norma D2435). Grafique el desplazamiento normal contra el logaritmo del tiempo o contra la raíz cuadrada del tiempo (en minutos).

8.11 - Después de que ha tenido lugar la consolidación primaria, remueva los tornillos de alineamiento o los pines de la caja de cizalladura. Abra el espaciamiento entre las mitades de la caja de cizalladura hasta 0.6 mm utilizando los tornillos de separación. Retire los tornillos de separación.

Nota 12: Puede haber ocasiones en las que las separaciones entre las placas de la caja de cizalladura debe aumentarse para acomodar tamaños de arena mayores que la separación específica. Actualmente no hay información suficiente disponible para especificaciones del tamaño de la separación basado en una distribución de tamaño de partículas.

8.12 - Aplique la carga de cizalladura al espécimen.

8.13 - Seleccione una velocidad de desplazamiento apropiada. Cizalle el espécimen a una velocidad relativamente baja de modo que haya exceso de presión en los poros en el momento de la ruptura. La siguiente ecuación puede ser utilizada como una guía para determinar el tiempo mínimo requerido desde el principio del ensayo hasta la ruptura.

$$t_f \approx 50T_{50}$$

donde:

t_f [min] : tiempo total estimado hasta la ruptura, minutos.

T_{50} [min] : tiempo requerido para que el espécimen alcance el 50% de la consolidación bajo el esfuerzo normal especificado (o los incrementos subsiguientes).

Nota 13: Si se tiene una gráfica de desplazamiento normal vs. \sqrt{t} , puede calcularse T_{90} del tiempo para comprobar el 90% de la consolidación utilizando la siguiente expresión:

$$T_{50} \approx T_{90} / 4.8$$

donde:

T_{90} : tiempo requerido para que el espécimen alcance el 90% de la consolidación bajo el esfuerzo normal especificado (o los incrementos subsiguientes), en minutos.

4.8: Constante que relaciona el desplazamiento y los factores de tiempo, T_{50} y T_{90} , para alcanzar el 50 y 90% de la consolidación.

Nota 14: Si el material presenta una tendencia a expandirse el suelo debe ser inundado con agua y dejarse que alcance el equilibrio bajo un incremento de esfuerzo normalmente suficientemente grande para contrarrestar la tendencia a la expansión antes de que pueda determinarse el tiempo mínimo para la ruptura. La curva tiempo-consolidación más los incrementos subsiguientes de esfuerzos normales pueden utilizarse en la determinación de t_f .

Nota 15: Algunos suelos como las arenas densas y arcillas sobreconsolidadas, pueden no presentar curvas bien definidas de tiempo-asentamiento. Consecuentemente el cálculo de t_f puede producir una estimación inapropiada del tiempo requerido para fallar el espécimen en condiciones drenadas. Para arcillas sobreconsolidadas que se analizan bajo cargas normales menores que la presión de preconsolidación, se sugiere que el tiempo hasta la falla se estime utilizando un valor de t_{50} equivalente al que se obtendría del comportamiento tiempo-asentamiento en un proceso de consolidación normal. Para arenas densas limpias que drenan rápidamente puede usarse un tiempo, t_f , de 10 minutos; para arenas densas con más de 5% de finos, puede utilizarse un t_f igual a 60 minutos. Si se selecciona un valor alternativo de t_f , debe explicarse el criterio de selección en los resultados del ensayo.

8.14 - Determine el desplazamiento apropiado a partir de la siguiente ecuación:

$$D_r \approx D_f / t_f$$

donde:

D_f : velocidad de desplazamiento

D_r : desplazamiento horizontal estimado en el momento de la ruptura (mm).

T_f : tiempo total estimado hasta la ruptura (min).

Nota 16: La magnitud del desplazamiento estimado hasta la ruptura, depende de muchos factores incluyendo el tipo y la historia de esfuerzos en el suelo. Como guía utilice $D_f=12$ mm si es suelo finogranular normalmente o ligeramente sobreconsolidado; de lo contrario utilice $D_f = 5$ mm.

8.14.1 - Seleccione y fije la velocidad de desplazamiento. Para algunos tipos de aparatos la velocidad de desplazamiento se logra utilizando combinaciones de piñones y posiciones de palancas. En otros tipos la velocidad de desplazamiento se consigue ajustando la velocidad del motor.

8.14.2 - Registre el tiempo inicial, los desplazamientos vertical y horizontal y las fuerzas normal y de cizalladura. Ponga en funcionamiento el aparato e inicie la cizalladura.

8.14.3 - Haga la lectura de los datos de tiempo, desplazamiento vertical y horizontal y la fuerza de cizalladura a intervalos definidos de desplazamiento. Las lecturas de datos deben tomarse a intervalos de desplazamientos iguales al 2% del diámetro del espécimen, o de su anchura, para definir con precisión una curva de esfuerzo-desplazamiento.

Nota 17. Puede ser útil hacer lecturas adicionales para identificar el valor del esfuerzo de cizalladura máximo de materiales sobreconsolidados.

Nota 18: Puede ser necesario suspender el ensayo y separar nuevamente las mitades de la caja de cizalladura para mantener el espacio entre las piezas de la caja de cizalladura.

8.14.4 - Detenga el aparato una vez ocurra la falla de la muestra. El desplazamiento correspondiente a la condición de falla puede encontrarse entre el 15 y el 20% del diámetro o longitud del espécimen.

Nota 19: Si se desea conocer los parámetros de resistencia residual, la aplicación de la carga de cizalladura debe mantenerse hasta que ésta permanezca constante.

8.14.5 - Quite la fuerza normal del espécimen, retirando la masa de la palanca.

8.16 - Cuando de trate de especímenes cohesivos separe las mitades de la caja de cizalladura con un movimiento deslizante a lo largo del plano de ruptura. No separe las mitades de la caja de cizalladura perpendicularmente a la superficie de falla puesto que puede dañar el espécimen. Fotografe, dibuje, o describa por escrito la superficie de falla. Este procedimiento no es aplicable a los especímenes no cohesivos.

8.17 - Retire el espécimen de la caja de cizalladura y determine su contenido de humedad de acuerdo con el método de la Norma D2216.

8.18 - Calcule y grafique el esfuerzo de cizalladura nominal vs el desplazamiento lateral relativo.

9 - CÁLCULOS

Haga los siguientes cálculos:

9.1 - Esfuerzo de cizalladura nominal sobre el espécimen

$$t \approx F / A$$

donde:

t : Esfuerzo de cizalladura nominal (kPa).

F : Fuerza de cizalladura (N).

A : Área inicial del espécimen (cm²).

9.2 - Esfuerzo normal sobre el espécimen.

$$s_n \approx F / A$$

donde:

σ_n : Esfuerzo normal (Kpa).

F : Fuerza vertical nominal sobre el espécimen (N, kg).

Nota 19: Pueden aplicarse factores que incorporen suposiciones respecto al área real de la superficie del espécimen sobre la que actúan las fuerzas normales y de cizalladura a los valores calculados de esfuerzos normales o de cizalladura o ambos. Si se hacen las correcciones los factores y los criterios para utilizar la corrección deben ser explicados con los resultados del ensayo.

9.3 - Velocidad de desplazamiento: Calcule la velocidad real de desplazamiento dividiendo el desplazamiento relativo por el tiempo transcurrido, o registre la velocidad utilizada para el ensayo.

$$D_r \approx D_h / t_e$$

donde:

D_r : Velocidad de desplazamiento (mm/min).

D_h : Desplazamiento lateral relativo (mm)

t_e [min] : Tiempo transcurrido durante el ensayo.

9.4 - Calcule la relación de vacíos inicial, el contenido de humedad, el peso unitario seco y el grado de saturación basado en la gravedad específica y la masa total del espécimen. El volumen del espécimen es determinado por la medición de las dimensiones de la caja de cizalladura y el espesor medido del espécimen.

9.5 - Prepare un gráfico de logaritmo de tiempo o de la raíz cuadrada del tiempo vs la deformación para los incrementos de carga en los que se determinó el t_{50} .

9.6 - Prepare un gráfico del esfuerzo nominal de cizalladura vs. el desplazamiento lateral relativo en porcentaje.

9.7 - Prepare un gráfico del esfuerzo de cizalladura.

10 - INFORME

El informe debe incluir

10.1 - Identificación de la muestra, proyecto y localización.

10.2 - Descripción del tipo de aparato utilizado en el ensayo.

10.3 - Descripción de la apariencia del espécimen basado en la Norma D2488 (Puede utilizarse la Norma D2487 como una alternativa), los límites de Atterberg (Norma D4218) y los datos granulométricos (Norma D422) si se obtuvieron (vea el numeral 6.3).

10.4 - Descripción de la estructura del suelo, esto es si el espécimen es inalterado, remoldeado, compactado o preparado de otra manera.

10.5 - Los contenidos de agua inicial y final.

10.6 - La masa seca inicial y final.

10.7 - El peso unitario seco inicial y final.

10.8 - El espesor y el diámetro inicial (anchura para las cajas de cizalladura cuadradas).

10.9 - El esfuerzo normal, la velocidad de deformación, el desplazamiento de cizalladura y los correspondientes valores nominales máximos y residuales de esfuerzos de cizalladura, y los cambios en el espesor de cada espécimen.

10.10 - Un gráfico de logaritmo de tiempo o de la raíz cuadrada del tiempo vs la deformación para los incrementos de carga en los que se determinó el t_{50} .

10.11 - Un gráfico del esfuerzo nominal de cizalladura vs la deformación desplazamiento horizontal en porcentaje.

10.12 - Los valores de la resistencia al corte máxima y residual de cada espécimen con las diferencias respecto al procedimiento establecido, como las secuencias especiales de carga o los requerimientos especiales de humedecimiento.

10.13 - PRECISIÓN Y SESGO.

10.13.1 - *Precisión:* Se están evaluando datos para determinar la precisión de este método. Adicionalmente el subcomité D1805 está buscando datos pertinentes de los usuarios del método.

10.13.2 - *Sesgo:* No hay un valor de referencia para este método, en consecuencia no puede determinarse un sesgo.

10.14 - *Descriptor:* condición drenada, consolidado, ensayo de cizalladura, envolvente de resistencia de Mohr, espécimen compactado, inalterado, resistencia a la cizalladura.

10.15 - Apéndice (Información opcional)

13 - REFERENCIAS

13.1 - *ASTM Standard D3080-90*: Method for Direct Shear Test of Soil Under Consolidated Drained Conditions

13.2 - *ASTM Standard D422-63*: Method for Particle-Size Analysis of Soils.

13.3 - *ASTM Standard D1587-83*: Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils.

13.4 - *ASTM Standard D2488-93*: Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)

13.5 - *ASTM Standard D4220-89*: Practices for Preserving and Transporting Soil Samples

13.6 - *ASTM Standard D4753-92*: Specification for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Scales for Use in Soil and Rock Testing

13.7 - *ASTM Standard D653-90*: Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

13.8 - *ASTM Standard D2487-93*: Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes

13.9 - *ASTM Standard D1557-91*: Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ($56000 \text{ ft} - \text{ lbf} / \text{ ft}^3$ ($2700 \text{ kNm} / \text{ m}^3$))

13.10 - *ASTM Standard D698-91*: Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort ($12400 \text{ ft} - \text{ lbf} / \text{ ft}^3$ ($600 \text{ KNm} / \text{ m}^3$))

13.11 - *ASTM Standard D2216-92*: Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

13.12 - *ASTM Standard D4318-93*: Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

13.13 - *ASTM Standard D2435-90*: Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils.

13.14 - *ASTM Standard D854-92*: Test Method for Specific Gravity of Soils.