

CAPITULO 3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Este documento se realizó con base al Ensayo para Corte Directo en el suelo seleccionado siguiendo los lineamientos generales especificados en la norma D3080-04, modificada de acuerdo al procedimiento y elaboración de las pruebas de corte directo (CD) que requiere este trabajo.

Este ensayo consiste en colocar el espécimen en una caja de corte directo (CD), aplicando un esfuerzo normal determinado, humedeciendo o drenando el espécimen de ensayo, o ambas cosas, consolidando el espécimen bajo el esfuerzo normal, soltando los marcos que contiene la muestra y desplazado un marco horizontalmente respecto al otro a una velocidad constante de deformación y medir la fuerza de corte y los desplazamientos horizontales a medida que la muestra es llevada a la falla.

3.1 ALCANCE.

- a) Este método de prueba es desarrollado para la determinación de la resistencia al corte de un suelo. Esta prueba es realizada mediante la deformación de un espécimen en un rango de deformación controlada. Generalmente se realizan un mínimo de 3 pruebas, cada una bajo una diferente carga normal para determinar el efecto sobre la resistencia y desplazamiento y las propiedades resistentes.
- b) Los esfuerzos de corte 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.

- c) La determinación de las envolventes de falla 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.
- d) Los resultados de ensayo pueden ser afectados por la presencia de partículas de suelo o fragmentos de roca, o ambos.
- e) Las condiciones de prueba incluyendo el esfuerzo normal y la humedad ambiental son seleccionadas, las cuales representan las condiciones del suelo que son investigadas.

3.2 CARACTERISTICAS.

- a) El ensayo de corte directo 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 muestras 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.
- b) 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 actuantes. 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 al corte en condiciones drenadas.

- c) Durante el ensayo de corte hay rotación de los esfuerzos principales, lo que puede corresponder a las condiciones de campo. Aún más, la ruptura puede no ocurrir en un plano de debilidad, puesto que ella tiene que ocurrir cerca de 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.
- d) Los esfuerzos de corte y los desplazamientos no están distribuidos uniformemente dentro de la muestra y no puede definirse una altura apropiada para calcular las deformaciones de corte 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.
- e) 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 suelo que se está investigando.

3.3 EQUIPO

- a) *Aparato de corte:* El aparato de corte proporcionará medios para aplicar un esfuerzo normal a las caras de la muestra, permitiendo el drenado del agua a través de las placas porosa en los límites superior e inferior de la muestra de suelo, y para muestras sumergidas en agua. La máquina debe ser capaz de aplicar una fuerza cortante a la muestra a lo largo de un plano de corte predeterminado paralelo a las caras de la muestra. Los marcos que sostendrán la muestra deben ser lo suficientemente rígidos para prevenir su distorsión durante el proceso de corte. Varias partes de la máquina de corte deben de estar hechas de material anticorrosivo resistentes a la humedad o sustancias presentes en el suelo, por ejemplo, acero inoxidable, bronce, aluminio, etc. Metales distintos a los nombrados pueden causar oxidación.



Figura3.1- Máquina de CD de la Universidad de las Américas Puebla.

- b) *Caja de corte*: una caja de corte, cuadrada, hecha de acero inoxidable, con aditamentos que permiten el drenado a través de la parte superior e inferior. La caja está dividida verticalmente por un plano horizontal en dos mitades con el mismo espesor unido con unos tornillos de seguridad. La caja de corte es ajustada con los tornillos de seguridad, que controlan el espacio entre la parte superior e inferior de las dos mitades de la caja de corte.

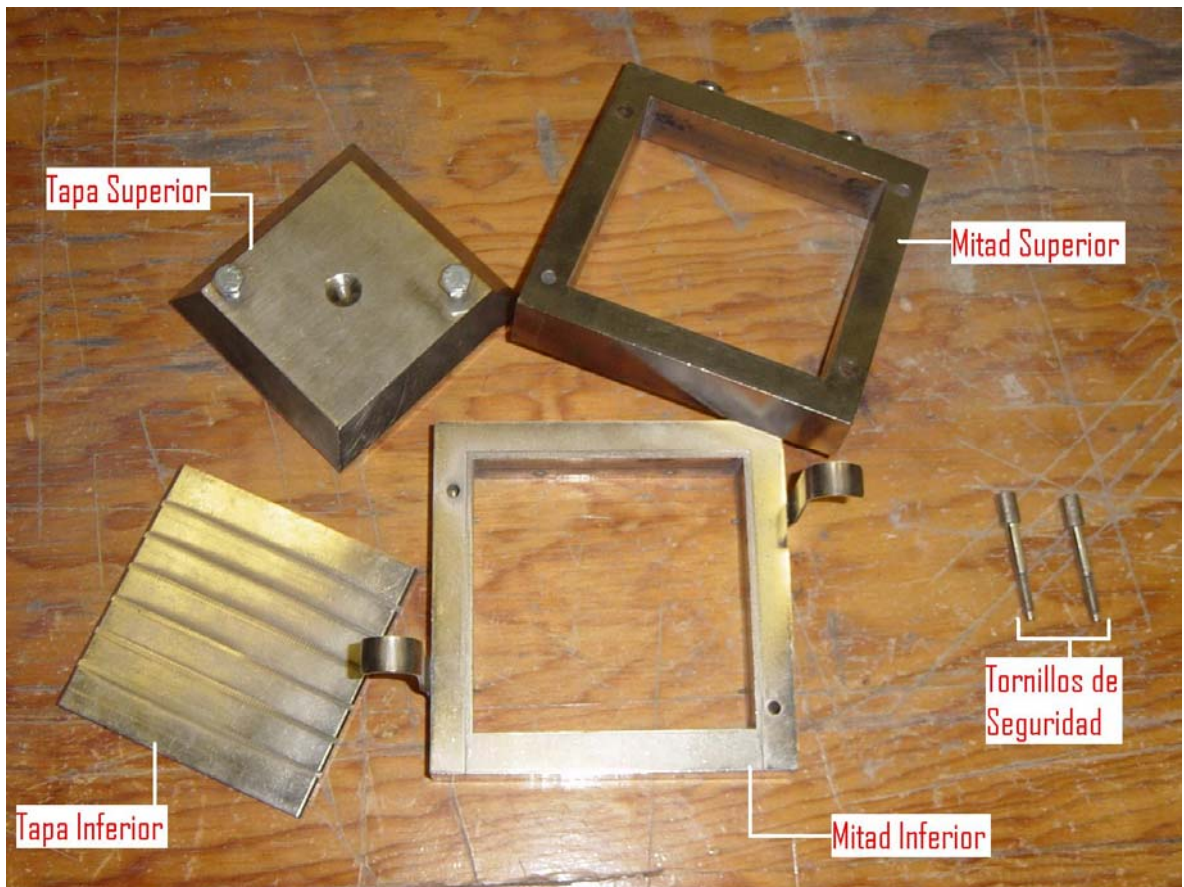


Figura 3.2- Caja de corte.

- c) *Aditamentos de Carga*:

- *Aditamento para aplicar la fuerza normal*- La fuerza normal es aplicada por un marco que tiene un contrapeso para eliminar el peso del mismo y sólo toma en cuenta el peso que se coloque en éste.
- *Aditamento para cortar la muestra*- El aditamento debe ser capaz de cortar el espécimen a una velocidad uniforme de desplazamiento, con menos de

$\pm 5\%$ de desviación, debe permitir el ajuste de la velocidad de desplazamiento. La velocidad debe ser aplicada dependiendo de la sobreconsolidación característica de los suelos. La velocidad es usualmente mantenida con un motor eléctrico y un arreglo en la caja de engranes y la fuerza cortante es determinada por un indicador de carga tal como un anillo de prueba o una celda de carga.

- *Aditamento para la medición de la fuerza cortante-* Un anillo de carga o celda de carga con precisión de 1% de la fuerza de corte en condiciones de ruptura. Para las pruebas realizadas se utilizó una Celda de carga con una capacidad de 10kN.

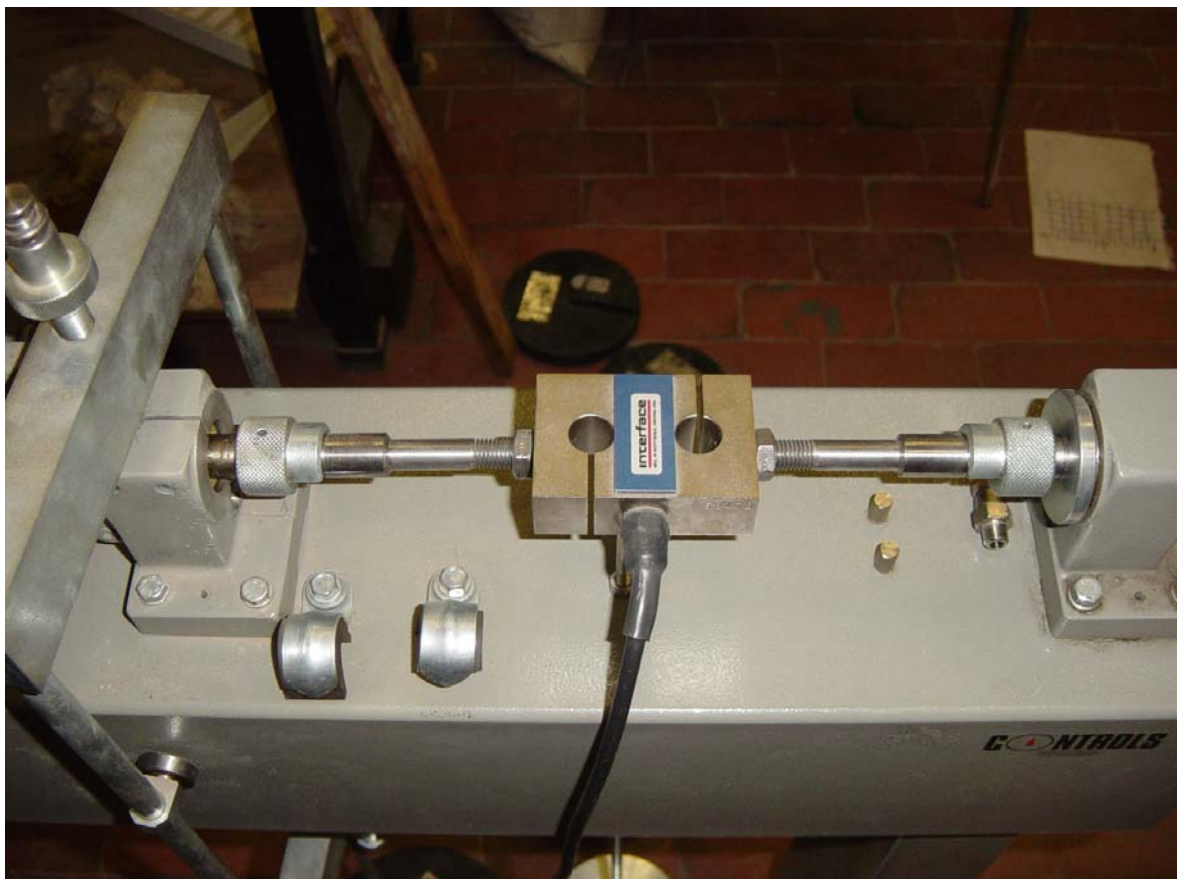


Figura 3.3- Celda de Carga.

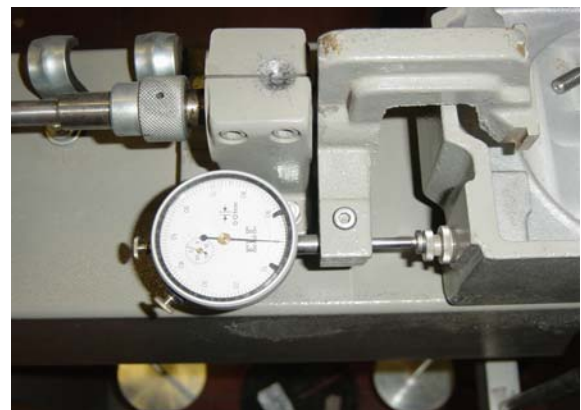
- *El peso de la parte superior de la caja de corte debe ser menor del uno por ciento de la fuerza normal aplicada:* Esto puede requerir que la parte superior de

la caja de corte sea modificada y soportada por una fuerza de corte predeterminada por un instrumento indicador de carga como la celda o un anillo de carga.

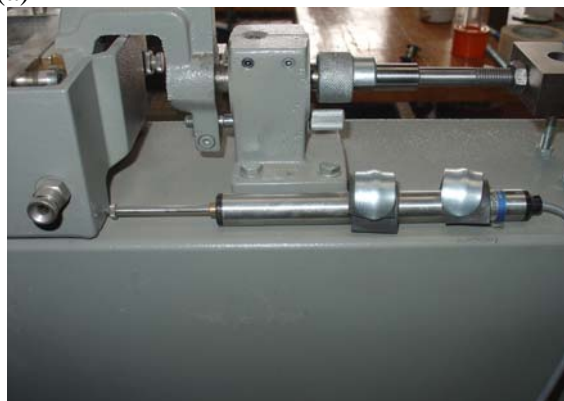
- *Tazón para la caja de corte*- Una caja metálica que soporte la caja de corte y suministre a una reacción contra la que se apoye la mitad de la caja de corte, o una base sólida que permita la alineación de la mitad de la caja de corte, que permanezca libre para moverse en la dirección de la fuerza de corte aplicada en un plano horizontal.
- *Indicador de desplazamiento horizontal*- Transductores de desplazamientos capaces de medir el cambio de espesor de la muestra. Para las pruebas que se realizaron se utilizaron 3 distintos: LVDT: con una precisión de 0.002 mm, Micrómetro analógico: con una precisión de 0.01 mm, Micrómetro electrónico: con precisión de 0.0001 mm (Figura 3.4).



(a)



(b)



(c)

Figura 3.4- Indicadores de desplazamiento horizontal ((a) LVDT, (b) Micrómetro analógico, (c) Micrómetro electrónico).

- *Equipo para compactación de espeímenes:* Pizón de 5x5 cm, pizón de 9.5x9.5 cm.
- *Otros equipos:* cápsulas de porcelana, cronómetro, balanzas de una precisión de ± 1 un gramo, cucharón.

3.4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- a) Se disgrega el material en seco para después cribarlo por la malla No. 100, con el objeto de tener un suelo homogéneo y obtener el tamaño de partícula que describe este documento.
- b) Posteriormente se determina la cantidad en peso que se utilizará para preparar la muestra en la caja de corte, en este caso fue de 356g; de esta cantidad se divide en 4 porciones iguales (89g c/u).
- c) Se ajusta adecuadamente la caja de corte, verificando que tanto la parte superior como la inferior estén alineadas la una con la otra, y asegurándolas con los tornillos para que no se pueda mover ninguna de estas dos partes; se coloca la tapa inferior, percatándose que las ranuras estén perpendiculares a la dirección del corte.
- d) Al obtener las porciones, la primera porción se introduce en la caja de corte y con una espátula se distribuye por toda la superficie de la caja, tratando de formar una capa uniforme.
- e) Con el pison de 5*5cm se compacta la capa (Figura a), colocando el pison en cada una de las esquinas de la caja y dando pisonadas cuidadosas para que el material no vuele, tanto en las esquinas como a la mitad de cada uno de sus

lados, haciendo esto dos veces y recomendando que sean efectuadas en sentido de las manecillas del reloj.

- f) Al terminar de dar las dos vueltas, se procede a realizar una última apisonada con el pison de 9.5*9.5cm (Figura b), para que el material se distribuya uniformemente y se tenga la seguridad de que fue bien compactada.

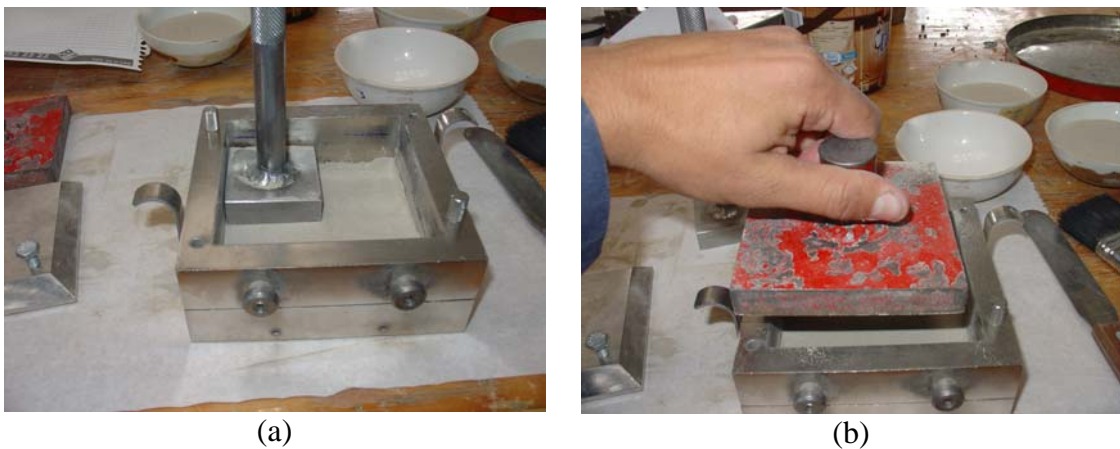


Figura 3.5- Pisones de compactación ((a) pison de 5x5cm (b) pison de 9.5x9.5 cm).

- g) Después de compactar la capa se escarifica la parte superior haciendo 7 líneas verticales y 7 horizontales, separadas aproximadamente 8mm.
- h) Al terminar con la primera capa se procede a vaciar la siguiente porción de material y se realiza el mismo procedimiento que se menciona del inciso d) al g), hasta obtener las 4 capas.
- i) Al tener las 4 capas compactadas y escarificadas, se coloca la tapa superior observando que las ranuras sean perpendiculares al movimiento de corte.

3.5 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA.

- a) Después de haber preparado la muestra conecte y ajuste la caja de corte dentro del tazón.
- b) Posteriormente antes de colocar la carga normal verifique que el contrapeso del marco esté bien colocado para que pueda cumplir con su función correctamente, verificado esto coloque la carga normal.
- c) Coloque y ajuste correctamente el aparato que mide los desplazamientos horizontales que se utiliza para medir los desplazamientos de corte.
- d) Verifique que todos los componentes del sistema estén alineados y asentados. Anote la carga normal que se aplica al mecanismo.
- e) *Operación de la máquina.*
 - Verificar que el “switch correr” esté en la posición de alto.
 - Seleccione el nivel de velocidad deseado.
 - Coloque el número en el contador con respecto a las tablas del distribuidor de la máquina, para tener la velocidad que desea, en la figura 3.6 se muestra el tablero de control.
- f) Verifique que el Timer esté en la posición correcta para efectuar la prueba (Figura 3.7).
- g) Observe si la celda de carga o el anillo están bien colocados en la máquina.

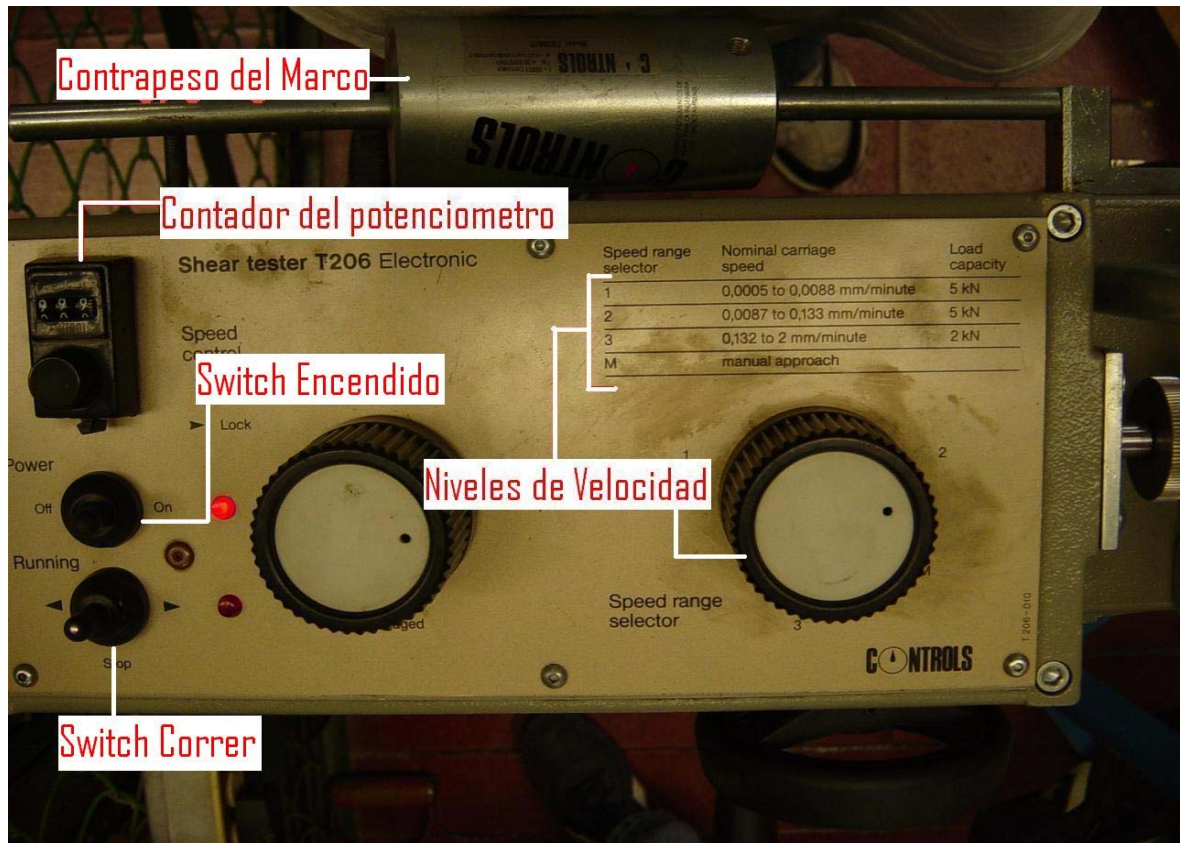


Figura 3.6- Tablero de control.



Figura 3.7- Timer.

- h) Retire los tornillos de seguridad, de la caja de corte.
- i) Anote la lectura inicial o ajuste los dispositivos para tener una lectura de cero, tanto de la celda como del instrumento que mide los desplazamientos horizontales.
- j) Registre el tiempo inicial, los desplazamientos horizontales, la fuerza normal y la fuerza cortante. Ponga en funcionamiento el aparato.
- k) Tome la lectura de los datos de tiempo, desplazamiento horizontal y la fuerza de corte a intervalos definido de desplazamiento. Las lecturas de datos deben tomarse a intervalos de desplazamiento iguales al 2% del diámetro del espécimen, o de su anchura, para definir con precisión una curva de esfuerzo-desplazamiento.
- l) Detenga el aparato al ver un comportamiento lineal después de ocurrir la falla de la muestra. El desplazamiento correspondiente a la condición de falla puede encontrarse entre el 15 y 20% del diámetro o longitud del espécimen.
- m) Detenga el capturador de datos y guarde el archivo.
- n) Retire la carga normal del espécimen.
- o) Coloque el nivel de velocidad en manual y ajuste la caja de corte para que pueda ser retirada del tazón, coloque los anillos de seguridad antes de sacar la muestra.

p) Calcule y grafique el esfuerzo de corte contra el desplazamiento lateral.

Nota: El manual del capturador de datos se muestra en el Anexo 4-D.

3.6 CÁLCULOS.

Realice los siguientes cálculos.

a) Esfuerzo cortante sobre el espécimen.

$$\tau = F / A \dots\dots\dots(3.1)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (kPa).

F: Fuerza cortante (kN).

A: Área corregida (m²).

b) Esfuerzo normal sobre el espécimen.

$$\sigma = F / A \dots\dots\dots(3.2)$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal (kPa).

F : Carga normal sobre el espécimen (kN).

A : Área corregida. (m²).

- c) 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.

$$v = \delta / t_e \dots\dots\dots(3.3)$$

Donde:

v: Velocidad de desplazamiento (mm/min).

δ : Desplazamiento lateral relativo (mm).

t_e [min]: Tiempo transcurrido durante el ensayo.

- d) Prepare un gráfico del esfuerzo cortante contra el esfuerzo normal.

3.7 INFORME.

El informe debe incluir.

- a) Descripción del tipo de aparato utilizado en el ensayo.
- b) Fecha de la elaboración.
- c) Descripción de la estructura del suelo, esto es si el espécimen es inalterado, remoldeado, compactado o preparado de otra manera.
- d) La masa del espécimen.

- e) El esfuerzo normal, la velocidad de deformación, el desplazamiento de la muestra y los correspondientes valores nominales máximos y residuales de esfuerzos de corte.

- f) Un gráfico del esfuerzo de corte contra la deformación (desplazamiento horizontal) en mm.