

## RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 1062-2018-UNAM

Moquegua, 31 de Octubre de 2018

VISTOS, el Oficio N° 604-2018-VIPAC-CO/UNAM de fecha 31 de Octubre de 2018, Informe N° 00578-2018-EPIM/VIPAC/UNAM de fecha 25 de Octubre de 2018, Informe N° 007-2018-JAFE/EPIM/VIPAC/UNAM de fecha 05 de Octubre de 2018, Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 31 de Octubre de 2018, y;

### CONSIDERANDO:

Que, el párrafo cuarto del artículo 18° de la Constitución Política del Estado, concordante con el artículo 8° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, reconoce la autonomía universitaria, en el marco normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, que guarda concordancia con el Capítulo III del Título I del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua.

Que, el Artículo 29° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, señala, Aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora (...) Esta comisión tiene a su cargo la aprobación del Estatuto, **reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad** formulados en instrumentos de planeamiento (...).

Que, con Informe N° 00578-2018-EPIM/VIPAC/UNAM de fecha 25 de Octubre de 2018, el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas en atención al Informe N° 007-2018-JAFE/EPIM/VIPAC/UNAM de fecha 05 de Octubre de 2018 remite a la Vicepresidencia Académica como medida de contingencia el "Protocolo de Manejo de Equipos de Laboratorio Geotecnia" de la Universidad Nacional de Moquegua, a fin de implementar el Plan de Acción para el tratamiento de riesgos realizada por el Órgano de Control Interno.

Que, mediante Oficio N° 604-2018-VIPAC-CO/UNAM de fecha 31 de Octubre de 2018, el Vicepresidente Académico en atención al Informe N° 00578-2018-EPIM/VIPAC/UNAM de fecha 25 de Octubre de 2018, solicita al Despacho de la Presidencia de la Comisión Organizadora la aprobación mediante acto resolutivo del Protocolo de Manejo de Equipos de Laboratorio Geotecnia" de la Universidad Nacional de Moquegua.

Que, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, de fecha 31 de Octubre de 2018, por UNANIMIDAD se acordó: Aprobar el Protocolo de Manejo de Equipos de Laboratorio Geotecnia" de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que se encuentra contenido en treinta y ocho (38) folios.

Por las consideraciones precedentes, en uso de las atribuciones que le concede la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y lo acordado en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 31 de Octubre de 2018.

### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el "PROCOLO DE MANEJO DE EQUIPOS DE LABORATORIO GEOTECNIA", de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que se encuentra contenido en treinta y ocho (38) folios.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- ENCARGAR**, a la Vicepresidencia Académica, disponer las acciones administrativas necesarias para el cumplimiento de la presente resolución.

**Regístrese, Comuníquese, Publíquese y Archívese.**



  
DR. WASHINGTON ZEBALLOS GÁMEZ  
PRESIDENTE



  
ABOG. JOSÉ C. CARRASCO CASTRO  
SECRETARIO GENERAL (E)

Presidencia  
VIPAC  
VPI  
EPIM  
OTIN  
Arch. (2)

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



PROTOCOLO DE MANEJO DE EQUIPOS LABORATORIO  
GEOTECNIA



MOQUEGUA-PERÚ

2018

## INDICE

1. ANALIZADOR DE PHMETRO .....	3
2. BALANZA ELECTRÓNICA.....	4
3. BALANZA ANALÍTICA .....	5
4. ESTUFA DIGITAL.....	6
5. BALANZA DE PRECISIÓN.....	7
6. BALANZA PARA DETERMINAR HUMEDAD .....	8
7. HORNO ELÉCTRICO PARA LABORATORIO .....	9
8. CASAGRANDE CON CONTADOR .....	10
9. PERFORADORA SACA NÚCLEO (SACA TESTIGOS) .....	11
10. MAQUINA CORTADORA DE NÚCLEO .....	12
11. EQUIPO DE CARGA PUNTUAL.....	13
12. EQUIPO PARA PRUEBA CBR .....	14
13. EQUIPO PARA LIMITE PLÁSTICO .....	17
14. EQUIPO PARA PROCTOR ESTÁNDAR Y MODIFICADO .....	18
15. ESCLERÓMETRO PARA ROCAS .....	20
16. DETERMINADOR DE HUMEDAD SPEEDY .....	21
17. MUFLA – JP SELECTA .....	23
18. CONDUCTÍMETRO PORTÁTIL .....	29
19. TURBIDÍMETRO PORTÁTIL .....	31
20. EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN .....	34
21. EQUIPO PARA ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS .....	36



## 1. ANALIZADOR DE PHMETRO

MARCA : METROHM  
MODELO : 913  
COLOR : PLOMO/ VERDE

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con un elemento secante.
- 2) Colocar el electrodo en la solución de pH desconocido.
- 3) Girar el selector de funciones de la posición Stand by a la posición pH.
- 4) Leer el pH de la solución bajo análisis, en la escala del metro o la pantalla del analizador de pH. Registrar la lectura obtenida en la hoja de control.
- 5) Girar de nuevo el selector de funciones a la posición Stand by. Si se requiere medir el pH de más de una solución, repetir los procedimientos anteriormente descritos. Cuando son numerosas las soluciones a las cuales se les mide el pH, se debe calibrar el analizador de pH de forma frecuente, siguiendo los lineamientos presentados.
- 6) Remover el electrodo de la última solución analizada.
- 7) Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo con un elemento secante que no lo impregne y colocar el electrodo en el recipiente de almacenamiento.
- 8) Verificar que el selector de funciones esté en la posición Stand by.
- 9) Accionar el interruptor de apagado o desconectar el cable de alimentación, si carece de este control.
- 10) Limpiar el área de trabajo.



## 2. BALANZA ELECTRÓNICA

MARCA : AND  
MODELO : ACS-30A  
COLOR : PLOMO/ AZUL  
CAPACIDAD : 30 KG

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Permitir que la balanza equilibre sus condiciones con las del ambiente donde se encuentra instalada.
- 2) Permitir que la balanza se precaliente antes de iniciar las actividades. (5 Minutos) Normalmente basta que la misma se encuentre conectada al sistema de alimentación eléctrico.
- 3) Verificar que la balanza se encuentre calibrada. Las balanzas electrónicas por lo general disponen de una calibración hecha en fábrica, almacenada en la memoria, la cual puede utilizarse si no se dispone de masas de calibración.
- 4) Realizar las mediciones de CAPACIDAD de las muestras preseleccionadas para sus lecturas y cálculos.
- 5) Apagar botón OFF la balanza.
- 6) Orden y Limpieza área de trabajo.



### 3. BALANZA ANALÍTICA

MARCA : A&D  
MODELO : HR-150AZ  
COLOR : CREMA/PLOMO  
CAPACIDAD : 152 GR

#### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Permitir que la balanza equilibre sus condiciones con las del ambiente donde se encuentra instalada.
- 2) Permitir que la balanza se precaliente antes de iniciar las actividades. (10 Minutos) Normalmente basta que la misma se encuentre conectada al sistema de alimentación eléctrico.
- 3) Calibración de balanza.
- 4) Realizar las mediciones de CAPACIDAD de las muestras preseleccionadas para sus lecturas y cálculos.
- 5) Apagar botón OFF la balanza.
- 6) Orden y Limpieza área de trabajo.



#### 4. ESTUFA DIGITAL

MARCA : MMM  
MODELO : ECOCEL 111  
COLOR : CREMA/AZUL  
CAPACIDAD : 111 LITROS

##### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Acondicionar alrededor de la estufa un espacio libre de al menos 5 cm y de un espacio para colocar el material que deberá ser procesado en el equipo.
- 2) Verificar que el circuito eléctrico disponga de los dispositivos de protección requeridos para garantizar una adecuada alimentación eléctrica.
- 3) Activar el interruptor general, presionando el botón identificado habitualmente con una [I].
- 4) Seleccionar la temperatura de operación. Para ello se presiona la tecla marcada con el signo (+), hasta obtener en la pantalla la temperatura seleccionada. La estufa empezará el proceso de calentamiento hasta que se alcance la temperatura seleccionada.
- 5) Colocar la muestra en la estufa y tomar nota del tiempo inicial.
- 6) Finalizando el tiempo determinado para su muestra retirar cuidadosamente la muestra con paños.
- 7) Desenchufar la estufa cuidadosamente.
- 8) Orden y Limpieza área de trabajo.



## 5. BALANZA DE PRECISIÓN

MARCA : A&D / AND  
MODELO : EK-3000i / EK-610i / FG-30KBM  
COLOR : CREMA/PLOMO/PLATEADO  
CAPACIDAD : 3000 GR/ 600 GR / 30KG

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Antes de iniciar la pesada comprobar que la balanza está limpia y en caso contrario proceder a su limpieza.
- 2) Comprobar que la balanza está nivelada.
- 3) Comprobar que la balanza está enchufada.
- 4) Colocar el interruptor en posición ON y esperar a que se estabilicen los ceros en la pantalla.
- 5) Efectuar la calibración automática interna, si se dispone de esta función. o Durante la pesada.
- 6) Tener en cuenta el límite máximo de peso para cada balanza.
- 7) Colocar sobre el platillo y, sin sobrepasar los bordes del mismo, el vidrio de reloj o papel de aluminio en el que vaya a realizarse la pesada.
- 8) Presionar sobre el botón de tara y esperar que vuelvan a aparecer los ceros estabilizados.
- 9) Ir colocando la sustancia a pesar sobre el vidrio o papel de aluminio hasta completar la pesada (es necesario esperar a que la lectura sea estable).
- 10) Una vez efectuada la pesada retirar el vidrio o papel de aluminio con el producto.
- 11) Cuando se hayan realizado todas las pesadas previstas volver a colocar el interruptor en la posición OFF y limpiar la balanza.
- 12) Orden y limpieza



## 6. BALANZA PARA DETERMINAR HUMEDAD

MARCA : A&D  
MODELO : MX-50  
COLOR : PLOMO  
CAPACIDAD : 50 GR

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) El equipo debe estar un lugar estable para su calibración.
- 2) El equipo se conecta a la fuente de alimentación, [Ⓞ] Pulse
- 3) Pulse definición de método e introduzca un nombre /ACEPTAR.
- 4) Pulse Inicio / Medición / Abra cámaras de muestras.
- 5) La pantalla le indica que cargue el plato de muestras vacío y tare la balanza.
- 6) Coloque el manipulador del plato de muestras en la cámara de muestras. Asegúrese de que la lengüeta del manipulador del plato encaja de forma exacta en la ranura del corta-aíres. El plato de muestras debe estar colocado horizontalmente sobre el soporte.

**Advertencia Le aconsejamos que trabaje con el manipulador de plato de muestra en todo momento. El manipulador es ergonómico, automático y seguro y proporciona protección frente a posibles quemaduras cuando el plato de muestras está caliente.**

- 7) Humedezca la muestra con unas gotas de agua / cerrar las cámaras.
- 8) Cierre la cámara de muestras.
- 9) Muestra la temperatura actual del módulo de calentamiento y el tiempo de secado transcurrido y el valor de secado actual.
- 10) Detener secado,
- 11) Para retirar el plato de muestras del manipulador, levante ligeramente el plato y extráigalo del manipulador.
- 12) Off para apagar el equipo / Desenchufar el equipo.
- 13) Orden y limpieza



## **7. HORNO ELÉCTRICO PARA LABORATORIO**

MARCA : HUMBOLT  
MODELO : H-30160E.4F  
COLOR : VERDE PETRÓLEO  
CAPACIDAD : 198 LITROS

### **PROTOCOLO DE MANEJO:**

Horno eléctrico es un equipo comúnmente usado para deshidratar reactivos o muestras de laboratorio.

- 1) Enchufar el equipo a la red y encenderlo.
- 2) Ajustar la temperatura a la que queremos trabajar, y esperar hasta ésta sea alcanzada.
- 3) Introducir el material dentro del horno.
- 3) Esperar el tiempo necesario para secar el material.
- 4) Dejar enfriar el material y el horno.
- 5) Sacar el material y apagar el equipo.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

- 1) Lubricar 1 vez por año las piezas móviles de las puertas y comprobar que las bisagras están bien fijadas.
- 2) Comprobar que tanto la puerta como las juntas de la puerta están bien adheridos.
- 3) Ante cualquier incidencia avisar al responsable del laboratorio para que tome las medidas oportunas.

### **PREVENCIÓN DE RIESGOS**

- 1) Comprobar el perfecto estado del aparato o instalación eléctrica antes de su uso.
- 2) No utilizar cables dañados, enchufes rotos o aparatos defectuosos.
- 3) No tirar de los cables de los enchufes para desconectar los aparatos.
- 4) No introducir los cables desnudos en ningún enchufe.



## 8. CASAGRANDE CON CONTADOR

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : -

COLOR : NEGRO/DORADO

CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) El equipo debe estar limpio y en buen funcionamiento, se debe comprobar el estado de todos sus elementos.
- 2) La cuchara de Casagrande debe estar limpia y en buen funcionamiento. La zona de la base en la que golpea la cuchara no debe presentar una huella con un diámetro superior a 10 mm, y debe estar firmemente enganchada al soporte de sujeción.



## 9. PERFORADORA SACA NÚCLEO (SACA TESTIGOS)

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : SUPPLIED BY ELE / ACCU TEK 250  
COLOR : PLOMO /AZUL  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Revisar el equipo en buen estado de funcionamiento y nivelación.
- 2) Colocar la muestra en la caja metálica inferior sujetando para su extracción de testigos.
- 3) Enchufar el equipo a la fuente eléctrica y abrir llaves para el paso del agua.
- 4) Colocar los protectores auditivos y lentes de seguridad.
- 5) Seleccionar con el botón TEST(AZUL) e iniciara la perforación de la muestra con el movimiento del motor de taladro eléctrico.
- 6) De manera manual tomamos el mango de alimentación del taladro (Sentido antihorario) para la dirección.
- 7) Al finalizar la perforación de toda la muestra seleccionar el botón RESET (VERDE).
- 8) De manera manual tomamos el mango de alimentación del taladro (Sentido Horario).
- 9) Desenchufar el equipo y cerrar las llaves.
- 10) Dar golpes con la comba para la salida de los testigos.
- 11) Orden y limpieza



## 10. MAQUINA CORTADORA DE NÚCLEO

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : 70-0250 /06  
COLOR : AZUL  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Verificar si el equipo está en buen estado funcionamiento y sus fuentes de energía estables.
- 2) Colocar la base protectora para evitar chispas o fracciones de testigo.
- 3) Colocar sus EPPs correspondiente (Lentes de seguridad, protectora auditiva, Guantes badana.).
- 4) Colocar el testigo para su corte con las dimensiones establecidas.
- 5) Sujetar con los pernos la muestra.
- 6) Alimentar sus fuentes de energía e iniciar el movimiento de esmeril para su corte.
- 7) con el mango realizaremos de manera manual el avance (Sentido horario).
- 8) Finalizar con el apagado del equipo/Desenchufar el equipo.
- 9) Orden y limpieza.



## 11. EQUIPO DE CARGA PUNTUAL

MARCA : MATEST  
MODELO : A125N  
COLOR : PLOMO /AZUL  
CAPACIDAD : 55 KN, 13000LBF

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Los testigos deben ser cilindros rectos circulares con una relación longitud diámetro (L/D) entre 2 y 2.5. Deberá tener un diámetro mayor de 47mm.
- 2) La superficie cilíndrica del testigo debe ser lisa y sin irregularidades abruptas, con todos sus elementos paralelos entre sí, sin una desviación mayor a 0.5 mm. (No se permiten testigos que estén cubiertos con algún material o que tengan algún tratamiento superficial.).
- 3) Encender el equipo de carga puntual y colocar Enter para iniciar sus mediciones.
- 4) Limpiar las caras de los bloques superior e inferior y del testigo.
- 5) Colocar el testigo sobre el asiento inferior. La carga y asiento superior se acercan hacia el testigo gradualmente hasta que se obtienen un asentamiento uniforme de la carga sobre el testigo.
- 6) Colocar su protector auditivo y lentes de seguridad.
- 7) La carga debe ser aplicada en forma continua con una razón constante de manera que la falla ocurra entre 5 y 10 minutos después de iniciada la carga.
- 8) Registrar la carga máxima aplicada sobre el testigo.
- 9) Orden y limpieza



## 12. EQUIPO PARA PRUEBA CBR

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : MECÁNICO ANALÓGICO  
COLOR : PLOMO /AZUL  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Verificar si el equipo tiene buen funcionamiento.
- 2) Preparar muestra de masa superior 5,0 Kg cuya humedad sea la determinada como óptima para el ensayo de compactación.
- 3) Tomar el peso del molde, el cual debe ser un dato para corroborar, pues cada molde debe tener en sus paredes exteriores los datos de su peso, altura y volumen.
- 4) Se arma el equipo de compactación, es decir base, molde, camisa superior y ajuste de tornillos. Se debe asegurar que el terreno o superficie donde la base del molde quede apoyada, sea firme y no presente deformaciones ni pendientes.
- 5) Se introduce el disco espaciador sobre la base perforada y sobre este un papel de filtro y de esta manera asegurando que el suelo no presente adherencia con el disco durante la compactación.
- 6) Se lleva a cabo la etapa de compactación, que para el caso serán cinco (5) capas, por tratarse del molde utilizado en Proctor modificado.
- 7) A continuación, se retira la camisa superior del molde y se enrasa la muestra, asegurando que los espacios que hayan quedado sean llenados con material más fino que los orificios producidos en el enrase. Del material sobrante se debe apartar una muestra representativa con el fin de determinar el porcentaje de humedad.
- 8) Con el fin de determinar el peso unitario del suelo, se retira el disco espaciador y se pesa el conjunto molde más suelo compactado.
- 9) Luego sobre la base se coloca un papel de filtro y el molde se coloca sobre este, pero esta vez invertido, de manera que el papel de filtro quede en contacto con la superficie enrasada.



## MUESTRA SATURADA

- Lo primero que se debe hacer es determinar la presión o esfuerzo que producirá el suelo a esa profundidad, a causa de la estructura de pavimento que sobre este se vaya a construir. Una vez se tenga este dato, se debe determinar el número de sobrecargas metálicas que simularan este esfuerzo, teniendo en cuenta el área de contacto.
- Una vez se haya invertido el molde, se colocará sobre la muestra compactada, la placa perforada con el vástago y las sobrecargas previamente determinadas y cuyo valor se debe registrar. Tanto en el manual de Joseph Bowles como la Norma INV 148, recomiendan que la aproximación debe ser de 2,2 kg y nunca por debajo de 4,5 kg.
- Alistar un tanque cuya superficie inferior sea plana y estable y que se encuentre en un lugar donde no presenten vibraciones ni riesgos de producir oleaje o turbulencia dentro del mismo.
- Sumergir el molde en el tanque con todo su conjunto y asegurarse que el nivel del agua sobrepase el extremo superior de la muestra. Se recomienda que la lámina de agua superior este 20 mm arriba del punto donde empieza la camisa superior.
- Se monta el trípode sobre el borde del molde, marcando con tiza o marcador los puntos exactos de contacto de las tres patas del trípode. Esto en caso de ser necesario retirarlo durante el ensayo y ponerlo nuevamente.
- Se ajusta el deformímetro de caratula y se registra la primera lectura, registrando también la hora y el día exacto.
- El ensayo puede tener una duración Hasta 96 horas, pero se puede dar por terminado cuando se registren valores cero de expansión por un periodo mayor a 24 horas.



Horas	0	1	2	4	8	12	24	36
Lecturas#								

- La penetración se debe llevar hasta una profundidad de penetración de 0,5 “y los rangos de registros que se tomen pueden ser definidos por el ingeniero encargado. Se recomienda que sean rangos no mayores a 0,025 “. Entre más registros se tomen, la curva será mucho mejor definida.

## MUESTRA NO SATURADA

- Llevar el conjunto (con sobrecargas incluidas) a la máquina de compresión y con una presión no mayor a 4,5 kg presionar el pistón de penetración sobre la muestra.
- Tanto el deformimetro de carga como el deformimetro de penetración se deben llevar a cero luego de realizar el paso anterior.
- A partir de este momento se lleva a cabo la compresión con una velocidad de penetración de 1,27 mm por minuto.

**Nota:** en la mayoría de los laboratorios la aplicación de esta carga no está controlada por computador sino es aplicada manualmente. Para estos casos es necesario que el operador cuente con un cronometro y procure llevar la velocidad de penetración de la manera más aproximada posible. El desarrollo constante de esta práctica, hará que el operario gane más exactitud con el tiempo.

- La penetración se debe llevar hasta una profundidad de penetración de 0,5 “ y los rangos de registros que se tomen pueden ser definidos por el ingeniero encargado. Se recomienda que sean rangos no mayores a 0,025 “. Entre más registros se tomen, la curva será mucho mejor definida.

10) A continuación, se realiza sus cálculos correspondientes

11) Orden y limpieza



### 13. EQUIPO PARA LIMITE PLÁSTICO

MARCA : -

MODELO : -

COLOR : -

CAPACIDAD : -

#### PROTOCOLO DE MANEJO:

1) Se selecciona una porción de aproximadamente 1,5 – 2,0 g, de la muestra previamente preparada.

2) Se hace rodar la porción de muestra entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante y no superior a la necesaria para formar rollos.

3) Se debe formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud, hasta que este alcance un diámetro de aproximadamente 3,2 mm.

**Nota.** La velocidad de la operación debe oscilar entre 60 y 90 ciclos por minuto. Un ciclo se refiere al recorrido de la mano hacia adelante y hacia atrás. Esta operación se debe realizar en un tiempo no mayor a dos minutos.

4) Si al alcanzar este diámetro el rollo no presenta agrietamiento y desmoronamiento, se tiene un material con humedad superior a su límite plástico. En tal caso se junta de nuevo todo el material formando una esfera, manipulándola con las manos, produciendo así su pérdida de humedad.

5) Se repiten los pasos anteriores hasta lograr que una vez el material alcance el diámetro de 3,2 mm, se produzca un agrietamiento y desmoronamiento del mismo.

6) Se colocan en un recipiente de masa conocida y se registra el peso de muestra más recipiente.

**Nota.** Se deben poner dentro del recipiente por lo menos 6 g de muestra



#### 14. EQUIPO PARA PROCTOR ESTÁNDAR Y MODIFICADO

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : -  
COLOR : PLATEADO  
CAPACIDAD : -

##### PROTOCOLO DE MANEJO:

1) Se lleva a cabo el proceso de tamizado de la muestra obtenida en campo. Una vez este finaliza se tendrán por separado las fracciones gruesas y la fracción de ensayo, cuyos pesos permitirán determinar sus porcentajes en la totalidad de la muestra extraída y verificar la condición inicial; que la muestra no presente un porcentaje retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " mayor al 30 %.

2) Con la seguridad que la condición anterior se cumple se procede a seleccionar las muestras para los ensayos a realizar. Es necesario preparar por lo menos cuatro (4) submuestras, de manera tal que una vez se generen los puntos en la gráfica de compactación y su línea de tendencia, el pico de la curva sea efectivamente el que indique la mayor densidad seca. Estas muestras se colocarán en recipientes de aluminio lo suficientemente grandes para llevar a cabo el proceso de humedecimiento de la muestra.

3) Se determina un valor cercano a la humedad óptima y los tres siguientes se distribuyen a criterio del laboratorista o la persona encargada. Dos por encima y uno por debajo o viceversa. Se realiza el cálculo para determinar cuál es la cantidad de agua que cumplirá con las humedades determinadas y con ayuda de una pipeta y con la mayor precisión posible se mide el fluido.

**Nota:** la determinación del primer valor de humedad que se considera cercano al óptimo viene de la experiencia del ingeniero encargado de los laboratorios, de la experiencia misma del laboratorista o de criterios establecidos en bibliografías consultadas.

4) Una vez medidas las cantidades de agua necesarias, se realiza la mezcla de tal manera que la totalidad de la muestra presente la misma humedad y consistencia. La norma INV 152-13 recomienda someter los suelos a tiempos de curado como lo muestra la tabla a continuación:



CLASIFICACIÓN DEL SUELO	TIEMPO DE CURADO (H)
GW, GP, SW, SP	No requiere
SW, SP	3
Todos los demás suelos	16

- 5) Con el peso del molde previamente tomado se procede a realizar la compactación del material dentro del mismo. El material se debe disponer en cinco (5) capas y a cada una de ellas se debe proporcionar cincuenta y seis (56) golpes en el orden como lo indica la imagen a continuación. Se debe asegurar que cada golpe alcance la altura máxima de caída y que la superficie de contacto con la cara del martillo sea total. También se debe cumplir que la última capa sobrepase el borde del molde en una altura no mayor a 6mm.
- 6) Una vez se termine la compactación, la camisa superior es retirada y con ayuda de la espátula cuyas características cumplan las condiciones para el procedimiento, se lleva a cabo el enrasado. En el momento de enrasar es usual que guijarros dispuestos en la superficie sean desprendidos y dejen pequeños vacíos en la misma, para tal caso se recomienda llenar dichos vacíos con suelo sobrante del tamizado.
- 7) Una vez se ha enrasado el molde, este se retira de su placa base y se registra su peso.
- 8) El material es retirado del molde y para cada uno de los ensayos se toman muestras para determinar el contenido de humedad, el cual se lleva a cabo según el procedimiento establecido en el Capítulo 2.1 del presente manual.



## 15. ESCLERÓMETRO PARA ROCAS

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : -

COLOR : PLATEADO

CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

1) Se “tara” el martillo usando el yunque patrón suministrado por el fabricante. Se hacen 10 medidas y se calcula la media. Se calcula el factor de corrección:

$$\text{Factor de correccion} = \frac{\text{valor estándar del yunque patrón}}{\text{media de las 10 medidas}}$$

2) Las muestras se sujetan firmemente en el soporte y se comprueba que su superficie es lisa y plana y que no hay discontinuidades, cracks, etc. por lo menos en los 6 cm superficiales de la muestra.

3) Se realizan al menos 20 medidas por muestra aplicando preferentemente el martillo en posición perpendicular a la superficie de la muestra. Cada nueva medida se hará con una separación mínima equivalente al diámetro de la punta del martillo.

4) Se descarta la mitad de las medidas, concretamente las que den los valores inferiores, y se hace la media de las medidas restantes.

5) La dureza al rebote se calcula multiplicando esta media por el factor de corrección.



## 16. DETERMINADOR DE HUMEDAD SPEEDY

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : -  
COLOR : PLATEADO  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- 1) Debe tenerse extremo cuidado para evitar que el carburo de calcio se ponga en contacto directo con agua.
- 2) Cuando se utilice el probador de 26 g, colóquense dos esferas de acero de 3 1.75 mm (1 1/4") de diámetro, en el cuerpo del probador con el carburo de calcio. Si la humedad de la muestra excede el límite del manómetro de presión, (12% humedad para el probador de agregados o 20% para el de suelos), deberá emplearse una muestra de la mitad de tamaño y la lectura del dial deberá multiplicarse por 2. Este método proporcional no es aplicable directamente al porcentaje en peso de la balanza, en el probador super 200 D.
- 3) Con el vaso de presión en una posición aproximadamente horizontal, insértese la tapa en el vaso de presión y séllese la unidad, apretando la abrazadera, teniendo cuidado de que el carburo no se ponga en contacto con el suelo hasta cuando se haya logrado un sello completo.
  - a. Levántese el probador hasta una posición vertical de tal manera que el suelo en la tapa caiga dentro del vaso de presión.
  - b. Agítese vigorosamente el aparato de manera que todos los terrones se rompan hasta permitir que el carburo de calcio reaccione con toda la humedad libre que se halle disponible. Cuando se están empleando las bolas de acero en el probador y cuando se use el probador de tamaño mayor para agregados, deberá agitarse el instrumento con un movimiento de rotación, de tal manera que las bolas de acero o el agregado no dañen el instrumento, ni hagan que las partículas del suelo queden embebidas en el orificio que conduce al diafragma de presión.
- 4) La agitación deberá continuarse por lo menos durante 1 minuto con suelos granulares y hasta por 3 minutos con los restantes suelos, de manera que se logre la



reacción completa entre el carburo de calcio y la humedad libre. Deberá dejarse tiempo para permitir la disipación del calor generado por la reacción química.

a. Cuando deje de moverse la aguja, léase el dial manteniendo el instrumento en una posición horizontal a la altura del ojo.

b. Analícese el peso de la muestra y la lectura del dial.

c. Con la tapa del instrumento apuntando en dirección opuesta al operador (para evitar la aspiración de vapores), elimínese lentamente la presión del gas. Vacíese el vaso de presión y examínese el material en cuanto a terrones. Si la muestra no está completamente pulverizada, el ensayo deberá repetirse empleando una nueva muestra. Límpiase perfectamente la tapa de carburo y suelo, antes de verificar otro ensayo.

d. La lectura del dial es el porcentaje de humedad con respecto al peso húmedo y deberá convertirse a peso seco. Con el probador super 200 D, la lectura del dial es el porcentaje de humedad con respecto al peso seco y no se requiere ningún cálculo adicional.



## 17. MUFLA – JP SELECTA

MARCA : P-SELECTA  
MODELO : -  
COLOR : PLOMO /AZUL  
CAPACIDAD : 3 LITROS

### PROTOCOLO DE MANEJO:

Todas las funciones del equipo se establecen mediante la pantalla táctil. Presionar suavemente con el dedo en el centro de cada icono.

#### Ajustes:

Hora y fecha: menú para establecer la fecha y la hora.

PID y Autotuning: menú para establecer los parámetros del control de temperatura.

Descarga de datos registrados.

Corrección de la temperatura.

Límites de alarma de temperatura.

#### Programación:

Permite programar el perfil de temperatura, definiendo temperaturas, tiempos y rampas de subida.

#### Trabajo:

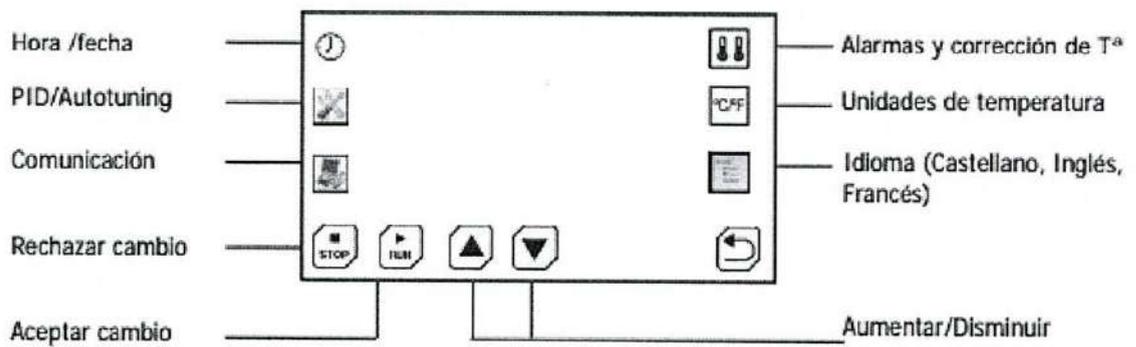
Permite seleccionar y poner en marcha la temperatura de trabajo o un perfil de temperatura.

### 1) Inicio rápido para trabajar a una temperatura

- Pulsar sobre “TRABAJO”
- Pulsar sobre el selector de temperatura
- Pulsar los botones   para seleccionar la temperatura.
- Pulsar sobre  para iniciar el ciclo.

### 2) Pantalla de AJUSTES





### 2.1. Establecer Hora y Fecha

Pulsar sobre el icono Hora/Fecha. Pulsar sucesivamente sobre el cuadro para seleccionar el ajuste de día, mes, año, hora, minuto y segundo.

### 2.2. Establecer parámetros de control de la temperatura y “Autotuning”

Para una óptima utilización del horno, los parámetros P, I, D de control de temperatura deben tener el valor adecuado.

Con un valor de los parámetros P, I, D adecuados, el horno alcanzará la temperatura en el menor tiempo posible y sin sobrepasar la temperatura de consigna. Pero estos valores pueden ser muy distintos a temperaturas altas y a temperaturas bajas.

El horno se entrega con los valores P=10; I=100; D=25 adecuados para la mayoría de trabajos.

Estos valores pueden modificarse, pero es mucho más recomendable realizar un «Autotuning» cuando se necesite una mejor precisión.

El «Autotuning» ajusta, de forma automática, los parámetros óptimos para una temperatura y una carga determinada.



Pulsar sobre el icono PID/Autotuning. Pulsar sucesivamente sobre el cuadro para seleccionar el ajuste de los valores P, I, D y modificar el valor pulsando sobre los iconos Aumentar y Disminuir.

Atención: No se recomienda modificar estos parámetros. Utilizar la opción «Autotuning» para el ajuste automático de estos valores.

Pulsar sobre el icono PID/Autotuning.

- Seleccionar la temperatura de «Autotuning» con:  
- Iniciar el «Autotuning» pulsando sobre el icono: 
- Si fuera necesario, detener pulsando sobre: 

### 2.3. Tipo de comunicación

El equipo puede almacenar lecturas cada cierto tiempo y enviarlas a un ordenador o almacenarlas en un «lápiz» de memoria USB.

«PORT» Establece el modo de almacenar las lecturas:

- RS232: Envía las lecturas de temperatura a un PC mediante un cable en serie (Tipo DB9).
- USB: Almacena las lecturas en un «lápiz» de memoria USB.

«INTERVALO» Selecciona, mediante las teclas   el intervalo de tiempo de registro y el envío de un dato.

«MODO» Selecciona los datos a almacenar:

- Inicio: Guarda todas las lecturas de temperatura.
- Consigna: Guarda las lecturas de  $T^a$ , a partir de que ha llegado a la temperatura de consigna.
- PC: Envía los datos, no almacena ningún dato.

«ENVIAR» N° de datos almacenados, pendientes de enviar.

### 2.4. Ajustar la Temperatura y alarmas de Temperatura

Con cierta periodicidad (por ejemplo, anual) se recomienda verificar la calibración de temperatura, por ejemplo, utilizando un termómetro o patrón de temperatura.

Si como resultado de la calibración se necesita corregir la lectura debe entrarse una corrección.

Para ello pulsar sobre el icono: 

Aparece un cuadro indicando el valor de corrección actual.



Ajustar con las teclas   hasta obtener el valor indicado por el termómetro patrón.  
(Entre paréntesis aparece la corrección aplicada.)

**Alarmas de temperatura:** Pulsando sucesivamente sobre el cuadro de la corrección de temperatura, se puede introducir un límite de sobre temperatura y de baja-temperatura. Ambas alarmas activarán un mensaje en la pantalla.

### 2.5. Unidades de temperatura

Pulsar sobre el icono Idioma. Pulsar sucesivamente sobre el cuadro para seleccionar entre °C o °F.

### 2.6. Establecer Idioma

Pulsar sobre el icono Idioma. Pulsar sucesivamente sobre el cuadro para seleccionar el idioma entre español, francés ó inglés.

Ajustar pulsando sobre los iconos Aumentar y Disminuir.

## 3) Pantalla de trabajo

Dos modos de funcionamiento:

- Funcionamiento a una sola temperatura:
- Funcionamiento de acuerdo a un perfil de temperatura previamente programado.

Pulsar sobre  para cambiar el modo de funcionamiento.

### 3.1. Funcionamiento a una temperatura

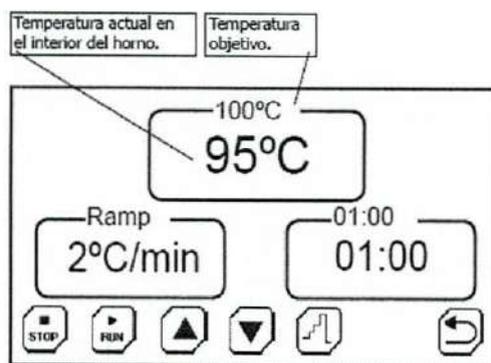
Seleccionar la temperatura de consigna pulsando sobre el indicador de temperatura.

- Seleccionar una rampa de subida de temperatura si se desea subir de forma lenta. El valor 0°C/min hace que la rampa suba lo más rápida posible.
- Seleccionar un tiempo de funcionamiento. Este tiempo empieza a descontar cuando la temperatura alcance la consigna.

El valor INF establece un funcionamiento continuo.

- Iniciar pulsando sobre el icono 





### 3.2. Funcionamiento con un perfil de temperatura

Los perfiles de temperatura deben estar previamente programados desde la pantalla «PROGRAMACIÓN»

- Seleccionar un perfil (del 0 al 9) pulsando sobre las teclas ▲▼
- Iniciar pulsando sobre el icono ☺
- En el cuadro de la temperatura (esquina superior-izquierda) se indica la temperatura actual y la de consigna.

#### 4) Pantalla de Programación

La pantalla de PROGRAMACIÓN es donde:

- Se establecen los perfiles de temperatura.
- Se establece el funcionamiento temporizado de los programas. (Por ejemplo, puede establecer que un programa se inicie el domingo a las 19h00’).

#### 4.1. Programación de un perfil de temperatura

Un perfil de temperatura está formado por varios pasos (también llamados «llanos».

Para alcanzar de un «llano» al siguiente puede realizarse de dos formas:

- Con una determinada «rampa de temperatura» (Por ejemplo, pasar de 100°C a 200°C con una rampa de 2°C por minuto).
- Lo más rápido posible.

#### Entrada de los parámetros del perfil

- Seleccionar el nº ▲▼ del perfil entre el 0 y 10.
- Pulsar sobre el parámetro a modificar (T°, rampa, duración, ...).
- Pulsar sobre los iconos: ▲▼ para introducir el valor.
- Modificar otro parámetro.

#### Valores especiales



- Si en la temperatura (1ª columna) se introduce el valor OFF (para ello pulsar la tecla subir) los pasos siguientes quedan desactivados y no se ejecutan.
- Si en la duración del paso se introduce INF, el horno se queda permanentemente en esta temperatura.
- Si en la rampa se introduce OFF, el horno hace la subida de temperatura a la mayor velocidad posible.

#### **Inicio del perfil de temperatura**

- Para establecer la hora de inicio del perfil, pulsar sobre «--:--».
- Entrar la hora pulsado   en formato hh:mm.
- Pulsar sobre los días de la semana que debe ejecutarse el perfil.
- Aceptar la programación pulsando sobre .



## 18. CONDUCTÍMETRO PORTÁTIL

MARCA : METROHM  
MODELO : 912  
COLOR : PLOMO /VERDE  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

#### 1) Medida de la conductividad

En este capítulo se describen los pasos necesarios para la realización sencilla de una medida de la conductividad con calibración. Esta descripción se limita a los pasos necesarios y le prepara para poder realizar las primeras medidas directamente con el aparato.

#### 2) Determinación de la constante de célula (calibración)

Una impresión inmediata de los datos de calibración tiene lugar cuando en el diálogo de menú Parám. calibración el diálogo de selección Informe está ajustado en on.

##### 2.1. Iniciar la calibración

- Inicie la calibración con la tecla **CAL**
- Enjuague el sensor de conductividad con agua, sumérjalo en la solución patrón y confirme con la tecla **CAL**
- La temperatura de calibración se mide con un sensor de temperatura conectado y se registra en los datos de calibración. En caso de no haber ningún sensor de temperatura conectado, la temperatura debe introducirse manualmente.
- Introduzca la temperatura de referencia para la solución patrón.
- Introduzca el valor de conductividad de la solución patrón con la temperatura de referencia.
- Introduzca el coeficiente para la temperatura actual y la temperatura de referencia seleccionada para la compensación de la temperatura.
- Con la tecla **CAL** active la calibración con la solución patrón.



### 3) Resultado de la calibración

- El resultado de la calibración (constante de célula) se registra y guarda para el sensor correspondiente.
- Finaliza la calibración y transcurridos 30 segundos el aparato cambia automáticamente al diálogo principal.

**Nota:** Valores límite superados Si los datos de calibración se encuentran fuera de los límites establecidos como parámetros de calibración, se muestra el mensaje correspondiente. No obstante, puede aceptar estos datos de calibración con la tecla “CAL”, o bien descartarlos con la tecla “BACK”.

### 4) Medida

#### 4.1. Seleccionar criterio de impresión

- Si el valor medido emitido debe imprimirse directamente como informe de valor medido, debe ajustar el criterio de impresión deseado (véase Capítulo 4.5.3, página 30).

#### 4.2. Seleccionar criterio de valor medido

- Este criterio determina cuáles son las condiciones del valor medido por las que el valor se guarda en el aparato y/o se imprime.

#### 4.3. Realizar medida

- Enjuague el sensor con agua y sumérjalo en la muestra.
- Seleccione el botón para Imprimir/guardar valor medido con las tecla 
- Con la tecla  active la impresión y/o almacenamiento del valor medido.



## 19. TURBIDÍMETRO PORTÁTIL

MARCA : LA MOTTE  
MODELO : 2020we  
COLOR : NEGRO  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

#### CALIBRACIÓN

Conservar los datos de calibración antiguos para los otros rangos. Se recomienda que el medidor se calibre para cada rango que se utilizara. El valor de los estándares elegidos para la calibración no debe estar en los extremos de los rangos.

- 1) Presione y mantenga presionado brevemente el Menú principal para encender el medidor. La pantalla con el logotipo de la Motte aparecerá durante 3 segundos. Medir el registro de datos y aparecerá las opciones principales del menú.
- 2) Presione "ENTER" para seleccionar (turbidez-no blanco o turbidez-con blanco).
- 3) Presione (↓) para desplazarse hasta turbidez-con blanco.
- 4) Presione "ENTER" en la opción escanear en blanco.
- 5) Enjuague un tubo limpio (0290) 3 veces. Si se espera que las muestras tengan una lectura inferior a 1 NTU, el medidor debe estar en blanco con un estándar primario de 0 NTU o agua preparada sin turbidez (<0.1 NTU). Para obtener los resultados más precisos, use el mismo tubo para el blanco y la muestra llene el tubo hasta la línea de llenado con el blanco. Vierta el blanco en el interior del tubo para evitar formación de burbujas, tapar el tubo.
- 6) Limpie el tubo a fondo con un paño que no suelte pelusa.
- 7) Abra la tapa del medidor inserte el tubo en la cámara. Alinee la línea de índice en el tubo con la fecha de índice en el medidor, cierre la tapa.
- 8) Abra la tapa del medidor. Inserte el tubo en la cámara. Alinee la línea de índice en el tubo con la fecha de índice en el medidor. Cerrar la tapa.
- 9) Presione "ENTER" para escanear el Turbidity en blanco W La pantalla mostrará Blank Done durante aproximadamente 1 segundo y luego regresará al menú Turbidity- With Blank. Scan Blank Scan Sample.



- 10) Enjuague un tubo limpio (0290), o el mismo tubo, tres veces con el estándar.
- 11) Llene el tubo hasta la línea de llenado con el estándar. Vierta el estándar por el interior del tubo para evitar la formación de burbujas. Tapar el tubo.
- 12) Limpie el tubo a fondo con un paño que no suelte pelusa.
- 13) Abra la tapa del medidor. Inserte el tubo en la cámara. Alinee la línea de índice en el tubo con la flecha de índice en el medidor Cierre la tapa.
- 14) Presione "ENTER" para escanear el estándar. La pantalla mostrará Lectura durante aproximadamente 1 en el segundo de la pantalla.
- 15) Presione ↓ para Escanear muestra calibrar.
- 16) Presione "ENTER" para seleccionar Calibrar. Aparecerá una fuente inversa (fondo oscuro con caracteres claros) para indicar que la lectura puede ser ajustada.
- 17) Presione ↑ o ↓ desplácese hasta la concentración del estándar, 1.00 en el ejemplo.  
Nota: El ajuste permitido de la muestra de escaneo es del 20%.
- 18) Presione "ENTER" para seleccionar Calibrar el menú Calibrar. Se ofrecerán dos opciones de menú, Configurar calibración y Configuración de fábrica.
- 19) Presione "ENTER" para seleccionar configurar calibración y guardar la calibración. Presione ↑ o ↓ para desplazarse y seleccionar configuración de fábrica para volver a la calibración de fábrica. El medidor mostrara momentaneamente almacenamiento... y regresara al menú de turbidez-sin espacio en blanco. La calibración se ha guardado y el medidor se puede utilizar para realizar pruebas.

## **ANALISIS**

- 1) Presione y mantenga presionado brevemente el botón para encender el medidor. La pantalla del logotipo de LaMotte aparecerá durante aproximadamente 3 segundos y aparecerá el Menú principal.
- 2) Presione "ENTER" para seleccionar Medir.
- 3) Presione "ENTER" para seleccionar Turbidez - Sin espacio en blanco.
- 4) Enjuague un tubo limpio (0290) tres veces con la muestra.
- 5) Llene el tubo hasta la línea de llenado con la muestra. Vierta la muestra en el interior del tubo y evite que se formen burbujas. Tapar el tubo.
- 6) Limpie el tubo a fondo con un paño que no suelte pelusa.
- 7) Abra la tapa del medidor. Inserte el tubo en la cámara. Alinee la línea de índice en el tubo con la flecha de índice en el medidor Cierre la tapa.



- 8) Un paño sin pelusa. Abra la tapa del medidor. Inserte el tubo en la cámara. Alinee la línea de índice en el tubo con la flecha de índice en el medidor. Cierra la tapa.
- 9) Presione "ENTER" para seleccionar Escanear muestra. La pantalla mostrará Lectura durante aproximadamente 1 1 segundo. El resultado aparecerá en la pantalla.



## 20. EQUIPO DE CONSOLIDACIÓN

MARCA : ELE INTERNATIONAL  
MODELO : 3 BRAZOS  
COLOR : AZUL/DORADO  
CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

1) Después de realizar la preparación de la muestra, se ensamblan los anillos en el consolidó metro junto con las piedras porosas y el papel de filtro, asegurándose que la muestra se expanda en exceso de su altura inicial antes de aplicar cargas mayores a su esfuerzo de pre-consolidación.

2) Se aplica una carga de asentamiento de 1,0 kg la cual generara un esfuerzo de 5kPa. De tratarse de suelos muy blandos se recomienda aplicar una carga de asentamiento igual a 0,5 kg, generando un esfuerzo de 2,5 KPa. Luego de aplicar la carga se ajusta el deformímetro y se registra la deformación inicial  $d_0$ .

**Nota 1.** Cuando se trate de suelos ensayados en condición inalterada y que en campo hayan sido extraídos bajo el nivel freático, se inundara la muestra inmediatamente para evitar procesos de expansión o hinchamiento.

3) Se aplican incrementos de carga para simular presiones sobre la muestra y para cada uno de los incrementos se deben registrar las deformaciones a intervalos de tiempo definidos.

4) Se recomienda que los incrementos de carga generen las siguientes presiones: 0.0125 kg/cm<sup>2</sup>, 0.0250 kg/cm<sup>2</sup>, 0.050 kg/cm<sup>2</sup>, 0.100 kg/cm<sup>2</sup>, 0.200 kg/cm<sup>2</sup>, 0.400 kg/cm<sup>2</sup>, 0.800 kg/cm<sup>2</sup>, 1.600 kg/cm<sup>2</sup>, 3.200 kg/cm<sup>2</sup>.

5) Los tiempos de registro para deformaciones en cada intervalo de carga son: 1, 15, 25, 50 segundos, 1, 1.5, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 15, 20, 30 minutos y 1, 2, 4, 8, 24 horas.



**Nota 2:** Se debe garantizar que el intervalo de tiempo entre cada carga, sea suficiente para que se lleve a cabo el proceso de consolidación primaria. Se deben determinar cargas que en su consecutivo doblen el valor de la inmediatamente anterior para el caso de carga y que disminuyan a la mitad en el proceso de descarga.

6) Para obtener las características del proceso de descarga, se descarga el suelo haciendo reducciones en orden inverso a la aplicación de las cargas y se registran las deformaciones de la misma manera y con los mismos intervalos que al hacer la carga.

**Nota 3:** La muestra se debe llevar hasta la carga de asiento y de esta manera evitar hinchamientos significativos en el proceso de desmonte.

7) Se retiran del consolidó metro la muestra y el anillo y se determinan los siguientes datos: altura final de la muestra  $d_f$ , peso de anillo más muestra húmeda y peso de anillo más muestra seca.



## 21. EQUIPO PARA ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : 26-2114/01

COLOR : PLOMO

CAPACIDAD : -

### PROTOCOLO DE MANEJO:

- Se debe garantizar que los equipos a utilizar dentro del ensayo tengan vigentes las calibraciones y conocer cuáles son las unidades en las que los mismos aportan los datos de salida.

### Armado de la caja y ensamble en equipo de corte

- 1) En su superficie de plana y resistente colocar la caja y armarla.
- 2) Una vez enfrentadas las dos partes de la caja y lubricadas con aceite en su superficie de contacto, asegurar las mismas con los tornillos alineadores que lleva la parte superior.

**Nota:** la parte superior de la caja posee tornillos en sus cuatro esquinas. Una de sus diagonales funciona como tornillos alineadores y la otra como tornillos separadores, los cuales se utilizan en el momento de realizar el ensayo de corte.

- 3) Colocando el anillo sobre el borde del orificio de la caja superior y previamente una piedra porosa en el fondo de la caja, empujar el espécimen hasta que este salga del anillo y se sitúe sobre la piedra porosa. El método de empuje se debe realizar de tal manera que la fuerza se aplique sobre la mayor área superficial posible de la cara superior.

- 4) Esta operación se debe realizar con los tornillos alineadores o de bloqueo ajustados para no producir esfuerzos cortantes por la manipulación de la caja, en momentos previos al inicio del ensayo. Seguido de esto se coloca una piedra porosa, la placa ranurada y el pistón de carga en la parte superior de la muestra.

**Nota:** la norma INV 154 -13 dice que dependiendo del tipo de ensayo a realizar se humedecerán o no previamente las piedras porosas. Para muestras inalteradas bajo



nivel freático se deben humedecer las piedras previamente, para suelos expansivos se deben humedecer después de la aplicación de la fuerza normal.

5) Ensamblar la caja de corte perfectamente centrada dentro del carro deslizante y ajustar la celda de carga horizontal y vertical sin producir ni registrar fuerza alguna.

#### **Aplicación de esfuerzos y falla de la muestra**

1) Llevar a cero los deformímetros encargados de medir la consolidación producto del esfuerzo normal aplicado y los desplazamientos horizontales producto de los esfuerzos cortantes aplicados.

2) Previamente se debe calcular la carga normal que se aplicara a la muestra, la cual dependerá del peso unitario de la muestra y de la profundidad a la que esta haya sido extraída. También se decidirá las cargas que se pondrán en los dos especímenes a ensayar posteriormente; si bien se harán ensayos por encima y por debajo o solamente por encima. Esto dependerá directamente del tipo de proyecto que se esté realizando y de las solicitaciones a las que estará sometido el suelo en el terreno natural una vez se lleve a cabo el proyecto.

3) Es importante aclarar que en la medida de lo posible se haya realizado previamente el ensayo de consolidación unidimensional, de tal manera que se tenga conocimiento del  $t_{50}$  de la muestra y así tener conocimiento del tiempo final del ensayo.

$$t_f = 50 * t_{50} \text{ (valor en minutos)}$$

4) Se realiza la aplicación de la carga normal, mediante la colocación de pesas de acero en el brazo de carga.

5) Cuando se realiza la aplicación de cargas grandes y las muestras se encuentran saturadas, se corre el riesgo que la muestra se reviente por la carga súbita y se salga de la caja de corte, situación que suele presentarse en materiales blandos cohesivos. Con base a lo anterior se recomienda llevar a cabo la carga normal en intervalos pequeños, de modo que la estructura del espécimen no se vea afectada y no se corra el riesgo de tener que repetir el ensayo.

6) Llenar el carro de desplazamiento una vez se haya aplicado la carga normal, de modo que el nivel del agua quede por encima de la muestra, manteniendo el nivel en todo el tiempo que dure el ensayo. Esto permite que haya drenaje y que el proceso de la consolidación se lleve a cabo.



7) Si se desea obtener el gráfico de consolidación se deben registrar los puntos de deformación para cada incremento de carga una vez se lleve a cabo el proceso de consolidación primario. De otro modo solo se registrará el valor de consolidación inicial es decir cero y el valor de consolidación final.

8) Terminado el proceso de la consolidación empezará el proceso de corte de la muestra. Los tornillos de bloqueo o alineadores son soltados y entran en reemplazo de ellos los tornillos de separación, los cuales levantarán la parte superior de la caja 0,25 mm con respecto a la parte inferior. Se debe tener cuidado que la superficie de contacto de los tornillos con la caja inferior no presente desgaste o fisuras, pues en el momento del corte este puede aumentar considerablemente la fuerza cortante necesaria.

9) El procedimiento indicado es este manual es mediante el método de control por deformación. Se ajusta el computador a la velocidad determinada previamente y se empieza el proceso de corte. - La velocidad de corte depende del material que se está ensayando y la norma INV 154-13 propone la siguiente ecuación para determinar dicha velocidad:

$$V_{\text{corte}} = \frac{\text{desplazamiento estimado para la falla (mm)}}{\text{tiempo calculado para la falla (segundos)}}$$

La literatura expone que el desplazamiento promedio para suelos normalmente consolidados es de 12 mm y de 5 mm para suelos sobre consolidados.

10) De esta manera se aplica la fuerza cortante a velocidad constante y se registran las cargas aplicadas y tiempos a los intervalos definidos de deformación. En el momento en que las cargas que registra la celda se vuelvan constantes o en su defecto decrezcan súbitamente se dará por terminado el ensayo y se tendrá seguridad que la falla se ha producido. De no darse esta condición se determinará que se ha producido falla cuando la deformación sea mayor al 10% del diámetro de la muestra.

11) Desmontar las pesas del brazo de carga y dar la orden al computador de retroceder la celda de carga cortante. Llevar la muestra a un recipiente y realizar ensayo de humedad natural.

