



Organismo Nacional de Normalización y  
Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.

# ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA **APROY-NMX-C-432-ONNCCE-2020**

(Cancelaré a la NMX-C-432-ONNCCE-2002)

**Industria de la Construcción – Geotecnia – Cimentaciones –  
Ensaye de Compresión Triaxial – Método de Ensayo**

*Building Industry – Geotechnical – Test of Triaxial Compression – Test Method*

Queda totalmente prohibida la reproducción, intercambio o distribución total o parcial de cualquiera de sus apartados en cualquier soporte mecánico o digital.

## **APROY-NMX-C-432-ONNCCE-2020**

(Cancelará a la NMX-C-432-ONNCCE-2002)

### **Industria de la Construcción – Geotecnia – Cimentaciones – Ensaye de Compresión Triaxial – Método de Ensayo**

*Building Industry – Geotechnical – Test of Triaxial  
Compression – Test Method*

COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE  
PRODUCTOS, SISTEMAS Y SERVICIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN



#### **Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C.**

Ceres No. 7, Col. Crédito Constructor, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03940, Ciudad de México.

Tel: (01 55) 56 63 29 50

[normas@onncce.org.mx](mailto:normas@onncce.org.mx)

[www.onncce.org.mx](http://www.onncce.org.mx)

© COPYRIGHT, DERECHOS RESERVADOS ONNCCE, S. C., MÉXICO MMXV

## **Prefacio**

Este anteproyecto de Norma Mexicana fue preparado por el Comité Técnico de Normalización de Productos, Sistemas y Servicios para la Construcción del ONNCCE y en su elaboración participaron las siguientes empresas e instituciones:

Documento de trabajo no vigente

## Índice de contenido

|           |  |                               |
|-----------|--|-------------------------------|
| <b>1</b>  | <b>Objetivo y campo de aplicación</b> .....                  | <b>1</b>                      |
| <b>2</b>  | <b>Referencias normativas</b> .....                          | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>3</b>  | <b>Términos y definiciones</b> .....                         | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>4</b>  | <b>Símbolos y términos abreviados</b> .....                  | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>5</b>  | <b>Materiales</b> .....                                      | <b>2</b>                      |
| <b>6</b>  | <b>Preparación y acondicionamiento de las muestras</b> ..... | <b>3</b>                      |
| <b>7</b>  | <b>Procedimiento</b> .....                                   | <b>4</b>                      |
| <b>8</b>  | <b>Precisión</b> .....                                       | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>9</b>  | <b>Informe de ensayo</b> .....                               | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>10</b> | <b>Vigencia</b> .....  | <b>9</b>                      |
| <b>11</b> | <b>Concordancia con Normas Internacionales</b> .....         | <b>9</b>                      |
| <b>12</b> | <b>Bibliografía</b> .....                                    | <b>10</b>                     |

# Industria de la Construcción – Geotecnia – Cimentaciones – Ensaye de Compresión Triaxial – Método de Ensayo

## *Building Industry – Geotechnical – Test of Triaxial Compression – Test Method*

### 1 Objetivo

Este anteproyecto de Norma Mexicana establece el método de prueba para obtener la resistencia de un suelo al esfuerzo cortante.

El objetivo de un ensaye triaxial consiste en determinar la relación esfuerzo-deformación y la resistencia al corte que el suelo tiene o tenía antes de ser extraído del subsuelo, o bien, para otro estado de esfuerzos previstos.

### 2 Campo de aplicación

Análisis de estabilidad al límite de estructuras térreas y del terreno de suelo; Cimentación en que se desplanten las construcciones.

### 3 Términos y definiciones

Para los propósitos de este anteproyecto de norma, los siguientes términos y definiciones son aplicables.

La resistencia de un suelo al esfuerzo cortante, que en general se expresa mediante la fórmula de Coulomb, es un dato de importancia primordial para conocer el grado de estabilidad de las obras de suelos.

La fórmula de Coulomb es la siguiente:

$$S = c + N \tan \phi$$

En donde:

S es la resistencia al esfuerzo cortante

c es la cohesión

N es el esfuerzo normal

$\phi$  es el ángulo de fricción interna

La envolvente de falla tangente a los círculos de Mohr por una recta que se aproxime, se tendrá que en el diagrama "esfuerzos cortantes-esfuerzos normales", la cohesión es la ordenada al origen de dicha recta o sea la resistencia al cortante cuando no hay esfuerzo normal.

El ángulo  $\phi$  es la pendiente o la tangente de la recta, con respecto al eje de esfuerzos normales.

Al ensayar un mismo material pueden obtenerse muy diversos valores tanto de cohesión como de ángulo de fricción interna, depende del estado en que se recibe el material o la muestra lo que respecta a la relación de vacíos, del grado de saturación, de la velocidad del ensaye y del método mecánico con que se haga ésta.

Esta prueba se realiza en la cámara de compresión triaxial, en la que pueden regularse tanto los esfuerzos normales presión de confinamiento, como grado de saturación, y consolidación, velocidad de deformación en una dirección. También puede medirse la presión neutral o presión de poro del fluido que ocupa los espacios intergranulares, presión que tiene un efecto importante y en ocasiones dominante en la resistencia del material.

Para conocer el comportamiento del material, en diversos estados, es necesario para los análisis de estabilidad de cortinas y bordos, cortes, cimentaciones, etc., es necesario llevar a cabo distintos ensayos de compresión triaxial que enseguida se listan:

- a) Prueba rápida no drenada. (UU)

- b) Prueba rápida consolidada. (CU)
- c) Prueba consolidada drenada (lenta). (CD)

En este método de prueba no se considera el método de la prueba consolidada drenada (lenta), únicamente se aplican los métodos de ensaye para la prueba triaxial rápida no drenada y la prueba triaxial rápida consolidada.

A continuación se describen los procesos de ensaye para la prueba triaxial en especímenes de 36 mm de diámetro, designada T - 36, que es la prueba de laboratorio más común.

## 4 Materiales auxiliares

- Fundas de hule (membranas)
- Bandas de hule (o'rings, ligas, etc.)
- Papel filtro
- Talco
- Piedras porosas
- Grasa
- Mazo de madera
- Atomizador
- Frasco con tapa
- Plástico autoadherible
- Compresor.
- Tanques recipientes de aire con válvulas

## 5 Equipo

### 5.1 Equipo de labrado preparación de muestra inalterada

- Arco con segueta.
- Torno de labrado.
- Cuchillas diversas.
- Tubo careador (enrasador) o riel.
- Cortador de arco con alambre.
- Placas metálicas circulares de 36 mm de diámetro y espesor máximo de 3 mm.
- Calibrador vernier.
- Cápsula.
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.

### 5.2 Equipo de muestras reproducidas y/o remoldeadas

- Molde para compactar probetas de 36 mm de diámetro interior y de 90 mm de longitud y dispositivo para extraer (recibir) las probetas, dispositivo para compactar probetas.
- Placas metálicas circulares de 36 mm de diámetro y espesor máximo de 3 mm.
- Calibrador vernier.
- Cápsula.
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Mazo de madera.
- Espátulas.
- Atomizador.

### 5.3 Equipo de ensaye

- Cámara triaxial.
- Micrómetro con soporte.
- Tijeras.
- Llave de tuercas.
- Banco triaxial.

- Prensa eléctrica o manual para ensaye provista de anillo de carga.
- Cápsula.
- Balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- Horno de temperatura constante de  $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ).
- Bureta con graduación de 0,1 mm o 0,2 mm de volumen.
- Equipo con manómetro (tipo Bourdon) y válvulas para presión de confinamiento.

## 6 Preparación y acondicionamiento de las muestras

Se obtienen especímenes cilíndricos de 36 mm de diámetro  $\pm 2$  mm por una altura de 90 mm  $\pm 2$  mm para su ensaye.

### 6.1 Muestras inalteradas

**6.1.1** De la muestra inalterada obtenida en el campo, se cortan prismas cuidando la posición en que fue obtenida la muestra, para labrar las probetas cilíndricas según lo indicado en el capítulo 6, (La altura de los especímenes puede variar de 2 veces a 3 veces el diámetro del espécimen, aunque se recomienda que se emplee el de 2,5 veces el diámetro); Esto se logra empleando el torno y el cortador de alambre, o bien con las cuchillas.

**6.1.1.1** De la muestra inalterada se labra un prisma cuyas bases sean paralelas, para lo cual se emplea el tubo o riel careador, después se coloca en el torno procurando centrarlo y con el cortador de arco, que se desliza apoyado en las soleras del torno, se efectúan los cortes necesarios para ir formando la probeta girando el torno, se sigue cortando el material de la manera descrita, hasta lograr dar la forma requerida para formar el espécimen cilíndrico que en lo sucesivo denominaremos probeta de ensaye.

**6.1.2** Se saca la probeta del torno y se coloca en el enrasador para cortar a la altura requerida.

**6.1.3** Se guarda la probeta en un frasco o se envuelve en plástico para proteger que no pierda ni gane humedad hasta que se someta al ensaye, con su respectiva identificación.

### 6.2 Muestras reproducidas y/o remoldeadas

**6.2.1** Del material no son labrable, se toman de 2 kg a 3 kg de material el cual es preparado, desmoronándolo y tamizándolo por la criba de 4,75 mm (No. 4); y se colocan en una charola de lámina con su respectiva identificación.

Se vuelven a desmoronar los grumos del material que pasaron a través de la criba de 4,75 mm (No. 4) con un mazo de madera evitando romper los granos de arena.

**6.2.2** Con un atomizador se humedece el material y al mismo tiempo se revuelve con una espátula para lograr humedad uniforme.

Se da al material la humedad deseada considerando que se conocen los datos con los que se van a reproducir las probetas, una vez que se le ha incorporado el agua al material se introduce en un recipiente que se pueda cerrar herméticamente para evitar pérdidas de humedad y se deja reposar durante un período mínimo de 12 h para que la humedad se uniformice, al mismo tiempo se toma una porción de material para determinar su contenido de agua.

**6.2.3** Los requisitos que deben satisfacerse para la manufactura de las probetas remoldeadas son: Masa Volumétrica Húmeda y Contenido de Agua, determinados previamente, que la compactación sea igual y uniforme en las capas (se pueden compactar de 3 a 5 capas) con las que se van a reproducir las probetas.

La masa del material húmedo de cada capa es constante, la presión de compactación y el tiempo, se aumentan en cada capa para obtener una compactación uniforme, entre capa y capa se escarifica la superficie de la capa compactada con el fin de lograr adherencia entre ésta y la capa siguiente.

Una vez terminada la probeta, se separa la probeta del molde cuidando de mantener la probeta lo mas sana posible.

**6.2.4** Se guarda la probeta, de acuerdo a lo descrito en 6.1.3.

## 7 Condiciones ambientales

En el manejo de todo tipo de muestra se debe realizar en locales cerrados sin corrientes de aire ni cambios bruscos de temperatura y de humedad, la temperatura durante la prueba se debe tratar de mantener de 15 °C a 30 °C, si se realiza en otras condiciones se debe anotar en los registros de ensaye que se empleen.

## 8 Procedimiento

### 8.1 Prueba triaxial rápida sin drenaje (TX-UU)

- 8.1.1** Una vez obtenida la probeta (inalterada, reproducida y/o remodelada), se coloca cuidadosamente en posición horizontal sobre una placa de lucita o de vidrio, se mide su altura (h) y su diámetro en parte superior, media e inferior en dos secciones perpendiculares para obtener su diámetro promedio (d), o más determinaciones dependiendo el caso, o la exactitud que se requiera, con un calibrador, cuyo vernier aproxime a 0,1 mm y se anotan los datos en el registro correspondiente.
- 8.1.2** Se determina su masa de la probeta en una balanza con aproximación de 0,01 g y se registra la masa de la probeta húmeda antes de la prueba, en el registro correspondiente.
- 8.1.3** Se coloca la probeta en el pedestal de la base inferior de la cámara triaxial, en posición vertical.
- 8.1.4** En el cabezal se ha colocado previamente la funda de hule, sujeta con una liga y este conjunto se coloca sobre la probeta, deslizando la funda de hule hacia abajo, con mucho cuidado, tratando de no desprender material de la probeta a ensayarse.
- 8.1.5** El extremo inferior de la funda de hule se sujeta sobre el pedestal del que está provisto la base inferior de la cámara triaxial, con otra liga.
- 8.1.6** Se verifica que la probeta este bien centrada, se coloca el tubo de lucita sobre el empaque de la base de la cámara y se pone la tapa de la cámara, teniendo la precaución de levantar el vástago para no tocar la probeta.
- 8.1.7** Se cierra herméticamente la cámara ajustando las tuercas a los tornillos de que está provista, procurando que las dos bases queden paralelas y pueda coincidir el centro del cabezal con la espiga del vástago que transmite la carga axial.
- 8.1.8** Se procede al llenado con agua de la cámara triaxial.
- 8.1.9** La cámara se coloca cuidadosamente en el marco de carga o Prensa de ensaye provista esta de un anillo de carga sensible con el cual nos ayude a tomar lecturas de carga y se centra el vástago en el marco de carga, para hacer contacto.
- 8.1.10** Se coloca el micrómetro en el soporte de la cámara y apoyado sobre el marco, procurando que quede en posición vertical.
- 8.1.11** Verificar que todas las llaves de que esta provisto el equipo, estén cerradas, se procede en la siguiente forma, se abre la válvula de alivio que se encuentra en la tapa de la cámara para dejar salir el aire que se desaloje en el momento de ir llenando la cámara, se conecta la manguera del tanque depósito con agua ya provisto o en su caso con agua de un tanque elevado previo acondicionamiento, se abre la válvula de la base para llenar la cámara tratando de que no queden burbujas de aire entrampadas, una vez llena la cámara se cierran las válvulas. Se conecta la manguera del depósito tanque regulador con el que se va aplicar la presión lateral (de confinamiento), el cual se encuentra acondicionado con un manómetro mecánico (tipo Bourdon) de cierta sensibilidad que permita leer la presión a que va a ser sometido el material a ensayar, en caso de que la presión requerida sea menor de 3,0 kg/cm<sup>2</sup>, se puede utilizar el manómetro de mercurio para lo cual se puede contar con una conexión que nos permita checar la presión del manómetro mecánico, en el tablero de dicho manómetro se leen con precisión las alturas de las columnas de mercurio, que sumadas y multiplicadas por 13,6 g/cm<sup>3</sup> (Masa volumétrica del mercurio), nos dan el valor de la presión lateral en g/cm<sup>2</sup>; el resultado se divide entre 1 000 para obtener kg/cm<sup>2</sup> este valor se anota en el registro correspondiente.

- 8.1.12** Una vez dada la presión lateral, a la cual se va a ensayar el espécimen el micrómetro del anillo se ajusta a cero o se toma la lectura inicial con la que se iniciara la prueba, se anotan las lecturas iniciales del anillo de carga y del micrómetro en el registro y columnas correspondientes.
- 8.1.13** En el control de marcha, se fija la velocidad de ruptura a la cual se va a someter el espécimen durante el ensayo y que, generalmente, es de 1 mm/min. (En caso de que la altura del espécimen sea diferente de 90 mm, debe darse una velocidad de ruptura igual a un centésimo de su altura por minuto).
- 8.1.14** Se pone en marcha el dispositivo eléctrico que elimina la fricción del vástago y el mecanismo de carga, tomando lecturas simultáneas en el indicador del anillo de carga (celda de carga) y del micrómetro indicador de deformación, con la frecuencia necesaria, para definir la curva deformación unitaria - esfuerzo.
- En caso de que el dispositivo de ensaye sea mecánico, se hace girar la manivela que acciona la marcha del dispositivo, cuidando que la deformación sea constante y no sea mayor a 1 mm/min, tomando las lecturas descritas arriba y anotándolas en el registro y columnas correspondientes.
- 8.1.15** Las lecturas deben suspenderse cuando la carga, después de haber llegado a un máximo, empiece a decrecer (materiales arenosos) o bien cuando la deformación corresponda a un 20 % con respecto a la altura inicial del espécimen (materiales plásticos).
- 8.1.16** Se procede a desmontar el espécimen; para ello se lee nuevamente la presión lateral y se anota la presión final registrada, en caso de variación en el registro correspondiente, enseguida se cierra la válvula por la que se inyecta la presión o en su caso se desconecta la manguera para poder regresar el agua de la cámara al tanque provisto, o en su caso desecharla, una vez logrado, se desconectan las mangueras, se abre la válvula de desaire (alivió) que se encuentra en la tapa de la cámara y se procede a desarmar la misma.
- 8.1.17** Se desliga el espécimen de las bases, se quita la funda de hule y se coloca en una tara (cápsula), determinando su masa húmeda más tara anotando el valor en el renglón masa probeta húmeda después del ensaye más tara ( $W_m+t$ ) en el registro correspondiente, en algunos casos se requerirá determinar su altura final, si la falla fue del tipo plástico, se determina la zona de falla tomando dos diámetros perpendiculares en tres planos horizontales, procurando que uno de esos planos esté en la sección mas deformada, se hace el croquis del espécimen deformado en el registro correspondiente.
- 8.1.18** Se introduce al horno a una temperatura de  $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ), para su secado por un período mínimo de 18 h, o hasta que la masa sea constante, después se extrae del horno y se introduce en un desecador para que se enfríe, se determina su masa seca anotándola en el renglón masa seca más tara ( $W_s+t$ ) en el mismo registro de prueba.

Este procedimiento se repite en 3 o 4 probetas del material en estudio, con diferentes presiones laterales (de confinamiento) para definir la envolvente de Mohr. Si 3 o 4 determinaciones no son suficientes se deben probar las que se requieran.

## **8.2 Prueba triaxial rápida consolidada (TX CU)**

Una vez obtenida la probeta (inalterada, reproducida y/o remoldeada) se siguen los pasos descritos en 8.1.1 y 8.1.2, después se prosigue como se indica:

- 8.2.1** Se llena de agua la pipeta y se conecta con las bases de la cámara; se procede a desalojar todo el aire del sistema, incluyendo las piedras porosas de las bases.
- 8.2.2** La probeta se protege con una funda de papel filtro saturado y 2 discos del mismo papel saturado en sus bases.
- 8.2.3** Se procede a montar la probeta en la cámara de acuerdo a lo descrito en 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5, 8.1.6 y 8.1.7, inclusive.
- 8.2.4** Se llena la cámara con agua de acuerdo a lo indicado en 8.1.10, hasta, una vez llena la cámara se cierran las válvulas.

- 8.2.5 Se coloca la cámara en el banco de consolidación, conectándole la manguera del sistema de presión lateral (de confinamiento) a la válvula de la cámara; se pone el micrómetro procurando quede en posición vertical.
- 8.2.6 Para aplicar la presión lateral (de confinamiento) se emplea un dispositivo que nos garantice que no va haber cambio de presión por 48 h o más.
- 8.2.7 Se toman las lecturas iniciales del micrómetro y de la bureta, anotándolas en el registro correspondiente.
- 8.2.8 Al abrir la válvula de presión lateral (de confinamiento), se colocan en el plato de contrapeso las masas que equilibren al empuje en el vástago, originado por la presión dentro de la cámara.
- 8.2.9 Simultáneamente se abren las válvulas del control de flujo instaladas en cámara y al mismo tiempo se pone en marcha el cronómetro, tomando una serie de lecturas simultáneas, variación de volumen-tiempo y deformación-tiempo para anotarlas en el registro correspondiente. Estos pasos deben efectuarse rápidamente (periodos sugeridos que se pueden emplear en la toma de lecturas después del inicio de la prueba a: 6", 12", 18", 30", 60", 2', 5', 10', 15', 30', 60', 90', 120', 180', 300', después se pueden tomar lecturas distantes como sean necesarias).
- 8.2.10 Con los datos obtenidos deformación-tiempo y variación de volumen desalojado-tiempo, se construye una gráfica en rayado semi-logarítmico.
- 8.2.11 Cuando se han definido las gráficas de consolidación se da por terminado el proceso, cerrando las válvulas de control de flujo.
- 8.2.12 Se cierra la válvula de presión lateral (de confinamiento), se coloca el pasador (trampa) para detener el vástago, se desconecta la manguera con la que se aplica la presión lateral (de confinamiento) y se retira el micrómetro.
- 8.2.13 Se traslada la cámara y se coloca cuidadosamente en el marco de carga o prensa de ensaye, se coloca el micrómetro y se conecta la manguera para aplicar nuevamente la presión lateral (de confinamiento) igual a la que se aplico en la etapa de consolidación.
- 8.2.14 Una vez aplicada la presión lateral (de confinamiento) se hace contacto el vástago de la cámara con el anillo de carga (o marco de carga) se quita el pasador (trampa) y se repiten los pasos descritos en 8.1.11, 8.1.12, 8.1.13, 8.1.14, 8.1.15, 8.1.16 y 8.1.17 inclusive, retirando la funda de papel filtro que se le puso al principio.

Cuando las probetas inalteradas o remodeladas no estén saturadas, se someten, antes de efectuar la etapa de consolidación, a un proceso de saturación utilizando la misma cámara, cuando así se requiera, a la cual se le aplica una carga de agua por medio de la bureta conectada a la base inferior y permitiendo la expulsión por la base superior

## 9 Cálculo y expresión de los resultados

### 9.1 Prueba triaxial rápida sin drenaje (TX UU)

- 9.1.1 Con los datos registrados en el registro correspondiente se calcula la masa del agua  $W_w$  y de los sólidos  $W_s$ .
- 9.1.2 Se obtiene el volumen  $V$  de la probeta, con el valor del peso de sólidos  $W_s$ , dividido entre la densidad de los mismos  $S_s$ , se obtiene el volumen de los sólidos  $V_s$  que, restando al volumen total  $V$  nos da el volumen de vacíos  $V_v$ .
- 9.1.3 Se calcula el contenido de agua en por ciento % de las probetas y del testigo, anotando los resultados en el registro y columnas correspondientes.
- 9.1.4 La relación de vacíos

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

- 9.1.5** El grado de saturación G en por ciento % se obtiene dividiendo el peso del agua  $W_w$ , entre el volumen de vacíos  $V_v$  y multiplicando por 100.

$$G = \frac{W_w}{V_v}$$

- 9.1.6** Cuando el espécimen no se deforma en toda su longitud, se calcula su diámetro medio  $d_m$  de la siguiente manera: se suman los diámetros de los extremos y dos veces los del centro, dividiendo entre 8.
- 9.1.7** En la columna que existe en el registro, se calcula la deformación lineal en mm, restando la lectura inicial del micrómetro a cada una de las lecturas subsecuentes tomadas durante la prueba.
- 9.1.8** La columna de deformación unitaria  $\varepsilon$  en por ciento %, se obtiene de la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{x}{h}$$

En donde:

x es la deformación lineal, en mm, para un tiempo cualquiera y la h, en mm, es la altura inicial del espécimen.

- 9.1.9** El área corregida se puede obtener de dos maneras:

- a) Empleando la deformación unitaria si la falla no es plástica, con la expresión matemática:

$$A_{\text{corr}} = \frac{A_i}{1 - \frac{\varepsilon \%}{100}} \text{ cm}^2$$

En donde:

A corr es el área corregida.  
 A<sub>i</sub> es el área inicial.  
 ε es la deformación unitaria en por ciento %.

- b) Empleando el diámetro deformado; cuando la falla es plástica:

$$A_{\text{corr}} = A_i + \frac{(A_f - A_i)}{T} \times \text{cm}^2$$

En donde:

A corr, es el área corregida.  
 A<sub>i</sub> es el área inicial.  
 A<sub>f</sub> es el área final, que se obtiene del diámetro deformado  $d_m$ .  
 T es la deformación lineal total.  
 X es la deformación en cualquier tiempo.

- 9.1.10** La columna "esfuerzo  $\sigma_1 - \sigma_m$  en N (kgf/cm<sup>2</sup>)", se obtiene dividiendo la carga entre el área corregida.

- 9.1.11** Se dibuja la gráfica deformación unitaria-esfuerzo, en su gráfica correspondiente.

- 9.1.12** En el registro correspondiente a círculos de Mohr, se anotan los datos que en el mismo se indican, tomados de cada una de las pruebas efectuadas.

- 9.1.13** Se procede al trazo de los círculos de Mohr; para ello se elige una escala de esfuerzos; a partir del origen y sobre el eje horizontal y vertical se lleva el valor de la presión lateral (de confinamiento)  $\sigma_3$  y desde este punto se marca el valor del esfuerzo principal de ruptura  $\sigma_1 - \sigma_m$ , que viene a ser el diámetro del círculo; por tanto, con centro en el punto medio del segmento así determinado se traza el semicírculo correspondiente.

**9.1.14** Una vez trazados los semicírculos, se dibuja la envolvente tangencial que mejor se ajuste a ellos.

Dicha línea representa aproximadamente la variación al esfuerzo cortante en función de las presiones normales aplicadas.

**9.1.15** El ángulo de fricción interna  $\phi$  es el que forma la envolvente con la horizontal; y el valor de la cohesión  $c$ , está dado por la ordenada al origen de dicha envolvente, medida a la misma escala con que se trazaron los círculos.

**9.1.16** Se calculan los promedios que se indican en el recuadro del mismo registro y se anotan los datos correspondientes, densidad y velocidad de ruptura.

## **9.2 Prueba triaxial rápida consolidada (TX CU)**

El cálculo se efectúa siguiendo los mismos pasos descritos en 9.1, después de tomar en consideración las medidas modificadas por el efecto de consolidación, en la forma siguiente:

**9.2.1** A la altura inicial  $h$ , se le resta la deformación total sufrida por la probeta por la etapa de consolidación para obtener la altura corregida,  $h_c$ .

**9.2.2** La variación total de volumen  $A_v$  se obtiene con la siguiente expresión; siempre y cuando el espécimen tenga una saturación del 100 %:

$$A_v = \left( \frac{W_i - W_f}{100} \right) W_s$$

En donde:

$A_v$  es la variación total del volumen.

$W_i$  es el contenido de agua inicial.

$W_f$  el contenido de agua final.

$W_s$  el peso de los sólidos.

**9.2.3** El volumen corregido  $V_c$  se obtiene restando al volumen inicial  $V_i$  la variación total de volumen  $A_v$ :

$$V_c = V - A_v$$

Se hace notar, que en esta prueba se deben calcular las condiciones iniciales y finales del espécimen, es decir; contenido de agua ( $W$ ) relación de vacíos ( $e$ ) y grado de saturación ( $G$ ).

## **10 Precisión**

Los valores expresados en (%) deben reportarse hasta centésimos, los expresados en mm hasta milésimos, los reportados en  $\text{kg}/\text{cm}^2$  hasta centésimos y en general hasta milésimos, las masas en gramos hasta centésimos.

## **11 Informe del ensayo**

El o los registros que se elaboren y se entreguen como informe de la prueba deben incluir todos los datos necesarios que se emplearon en los cálculos de las pruebas, así como el registro donde se presenta el recuadro resumen y las gráficas obtenidas; incluyendo en cada registro referencias o los siguientes datos:

- a) Nombre del proyecto.
- b) Procedencia de la muestra.
- c) Sondeo No. y tipo.
- d) Tipo de muestra.
- e) Profundidad superior e inferior de la muestra.
- f) Clasificación de la muestra.

- g) Fecha de inicio del ensaye y tipo de ensaye.
- h) Fecha de cálculo.
- i) Nombre del operador.
- j) Nombre del calculista.
- k) Todos los datos y referencias del equipo empleado.
- l) Observaciones adicionales a las descritas en la clasificación, incluyendo el estado inicial de la muestra al iniciar el ensaye.

## **12 Vigencia**

La presente Norma Mexicana entra en vigor a los sesenta días naturales siguientes de su declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación.

## **13 Concordancia con Normas Internacionales**

Este anteproyecto de Norma Mexicana no es equivalente (NEQ) con ninguna Norma Internacional.

## 14 Bibliografía

Libro CNA Mecánica de Suelos (Instructivo para ensaye de Suelos) 1990.

Libro Mecánica de Suelos Tomo I de Juárez Badillo y Rico Rodríguez.

- [1] NMX-Z-013-SCFI-2015, Guía para la estructuración y redacción de normas (Cancela a la NMX-Z-013/1-1977), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre de 2015.
- [2] NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.



Organismo Nacional de Normalización y  
Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.

# ANTEPROYECTO DE NORMA MEXICANA

## **APROY-NMX-C-432-ONNCCE-2020**

(Cancelará a la NMX-C-432-ONNCCE-2002)

**Industria de la Construcción – Geotecnia – Cimentaciones –  
Ensaye de Compresión Triaxial – Método de Ensayo**  
*Building Industry – Geotechnical – Test of Triaxial Compression – Test Method*

Queda totalmente prohibida la reproducción, intercambio o distribución total o parcial de cualquiera de sus apartados en cualquier soporte mecánico o digital.