

**LIBRO:** PRY. PROYECTO

**TEMA:** CAR. Carreteras

**PARTE:** 1. ESTUDIOS

**TÍTULO:** 02. Estudios Geotécnicos

**CAPÍTULO:** 003. *Exploración Directa del Subsuelo*

## **A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los criterios generales para ejecutar los trabajos de campo y laboratorio necesarios para la exploración directa del subsuelo a que se refieren las Fracciones E.2. y E.4. de la Norma N·PRY·CAR·1·02·001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*, que permitan identificar y definir las características de los materiales que constituyen el terreno natural a lo largo del eje de trazo de la carretera, en los sitios donde se construirán las obras menores de drenaje, en los probables préstamos y bancos de materiales, y en laderas inestables; precisar las diferentes unidades de materiales (suelo-roca), obteniendo muestras de cada una; y complementar, precisando, las zonificaciones fisiográfica y litológica, que se indican en el Párrafo E.1.2.2. de esa Norma.

## **B. DEFINICIÓN**

La exploración directa del subsuelo es el conjunto de trabajos de campo y laboratorio, para la obtención de muestras representativas, alteradas, inalteradas e integrales, de los materiales existentes en el terreno natural y determinar sus características índice y mecánicas, que permitan definir la litología y la estratigrafía del terreno, definiendo la estratigrafía de cada pozo a cielo abierto o sondeo efectuado, el perfil de suelos respectivo y el reporte de los ensayos efectuados a las muestras obtenidas.

Esta exploración se supervisará en el campo por un ingeniero civil especialista en geotecnia, y se ejecutará en la forma y en los sitios que se hayan programado de acuerdo con lo indicado en la Norma

N-PRY-CAR-1-02-002, *Reconocimientos Geotécnicos y Zonificaciones Fisiográfica y Litológica.*

La exploración directa comprende alguna o varias de las acciones siguientes:

- El muestreo superficial, que se realiza en los materiales que constituyen el subsuelo y que pueden observarse directamente en la superficie;
- El muestreo profundo, que se realiza para obtener muestras de los materiales que se encuentren debajo de la superficie del terreno y no puedan observarse directamente, mediante pozos a cielo abierto o sondeos, según el tipo de materiales que se espera encontrar y de las características por determinar;
- Los ensayos de campo que se realizan en los pozos a cielo abierto o en los sondeos, dependiendo de las características por determinar; y
- Los ensayos de laboratorio que se realizan a las muestras de materiales que se obtengan, para determinar sus características índice o mecánicas.

### C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios Geotécnicos .....	N-PRY-CAR-1-02-001
Reconocimientos Geotécnicos y Zonificaciones Fisiográfica y Litológica .....	N-PRY-CAR-1-02-002
Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos ..	M-MMP-1-02

### D. MUESTREO SUPERFICIAL

De los materiales que constituyen el subsuelo, que puedan observarse directamente en la superficie, se recogen muestras para su análisis en el laboratorio. Para la obtención de las muestras se considerará lo siguiente:

### **D.1. MUESTREO SUPERFICIAL DE ROCA**

Si se trata de frentes de roca de probables bancos de materiales, para hacer una evaluación preliminar de su posible utilización, se toma como mínimo una muestra integral con los fragmentos que sean necesarios para obtener una masa de treinta (30) kilogramos cuando menos. Cada fragmento de roca se identifica marcando en una de sus caras, con tinta permanente o pintura, el número de muestra a la que pertenece, el nombre del sitio que se estudia, la unidad de roca a la que corresponde y el lugar de donde se obtuvo.

### **D.2. MUESTREO SUPERFICIAL DE SUELO**

De cada horizonte de suelo que se identifique plenamente dentro del área en estudio, se toma como mínimo una muestra representativa de no menos de cuatro (4) kilogramos. En frentes abiertos de probables bancos de materiales, para hacer una evaluación preliminar de su posible utilización, adicionalmente se toman dos muestras integrales de veinte (20) kilogramos cada una, extraídas de dos canales o ranuras hechas sobre el frente abierto. Cada muestra se envasa en una bolsa de plástico o lona resistente, o en cualquier tipo de recipiente que evite su contaminación o pérdida de finos, y se identifica mediante dos etiquetas, una que se introduce en el envase y la otra que se fija en su exterior; en ambas etiquetas se anota el número de muestra que le corresponda, el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio, el horizonte de suelo al que pertenece y el lugar de donde se obtuvo.

### **E. MUESTREO PROFUNDO Y PRUEBAS DE CAMPO**

Para la obtención de muestras de los materiales que se encuentren debajo de la superficie del terreno y que no puedan observarse directamente, o para la realización de ensayos de campo que permitan determinar algunas características del subsuelo en el lugar, se ejecutan los pozos a cielo abierto y los sondeos que se hayan programado de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-02-002, *Reconocimientos Geotécnicos y Zonificaciones Fisiográfica y Litológica*, considerando el tipo de material que se espera encontrar, las características por determinar y que estén ubicados de tal manera que todas las unidades de suelos y roca puedan ser plenamente identificadas y caracterizadas. Dichos pozos y sondeos se describen a continuación:

## E.1. POZOS A CIELO ABIERTO (PCA)

Son excavaciones en el suelo que se ejecutan a mano o con máquina, con el propósito de observar su estratigrafía; extraer muestras representativas, alteradas e inalteradas de cada estrato, según sea el caso, así como muestras integrales, de acuerdo con lo solicitado por la Secretaría; y realizar pruebas de campo. En su ejecución se considerará lo siguiente:

- E.1.1.** Cuando se requiera determinar la estratigrafía y características del subsuelo a lo largo del trazo de la carretera, la separación máxima entre pozos a cielo abierto no excederá de quinientos (500) metros y, cuando se observen diferencias de estratigrafía entre dos pozos consecutivos, se realizarán otros intermedios para precisar la extensión y correspondencia de los materiales que constituyen el subsuelo, según sea necesario. Cuando se trate de definir un préstamo o banco de materiales, como mínimo se ejecutará un pozo a cielo abierto por cada mil seiscientos (1 600) metros cuadrados de superficie, distribuidos en cuadrícula.
- E.1.2.** Los pozos a cielo abierto tendrán dimensiones aproximadas de dos (2) metros de largo y un (1) metro de ancho si se excavan a mano con pico y pala, o del ancho del cucharón si se realizan con máquina, con una profundidad de tres (3) metros o más, hasta donde lo permita la presencia de roca, del nivel de aguas freáticas o la estabilidad de los taludes del pozo.
- E.1.3.** Una vez excavado un pozo a cielo abierto, el ingeniero encargado de la exploración inspeccionará las paredes de la excavación, para identificar los diferentes estratos; elaborando un perfil estratigráfico en el que se indiquen los espesores de cada uno, anotando la identificación y clasificación manual del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) al que hace referencia el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*, así como su descripción incluyendo su consistencia en suelos finos o su compacidad en suelos gruesos, su color y en su caso, su dificultad de extracción para fines de presupuesto según su atacabilidad si se trata de cortes y préstamos o bancos de materiales. Además, se indicará la profundidad del nivel freático cuando se detecte. También seleccionará los sitios donde han de extraerse las muestras o ejecutarse los ensayos de campo, como la resistencia al esfuerzo cortante, estimada

con torcómetro en las paredes y el piso del pozo, registrando los resultados de los ensayos en el perfil estratigráfico.

- E.1.4.** De cada estrato de suelo que se haya identificado, se toma una muestra representativa con masa no menor de cuatro (4) kilogramos, en una bolsa de plástico, limpia, resistente y que pueda cerrarse perfectamente para evitar que pierda agua o se contamine, identificándola mediante etiquetas que se colocan en el interior y el exterior de la bolsa, anotando en cada etiqueta el número de muestra que le corresponda, el número del pozo a cielo abierto del que se obtuvo, el estrato, las profundidades entre las que se extrajo y el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio.
- E.1.5.** En suelos finos en los que se requiera determinar sus propiedades mecánicas o su valor soporte de California (CBR) en su estado natural, en muestras cúbicas inalteradas que puedan labrarse sin que se disgreguen, en el piso o en las paredes del pozo, se labran muestras cúbicas inalteradas de aproximadamente cuarenta (40) centímetros por lado, y una vez obtenidas se recubren con una membrana impermeable hecha de manta de cielo, parafina y brea, para protegerlas y evitar la pérdida de humedad. Cada muestra se identifica por medio de una etiqueta que se fija sobre la membrana, anotando en ella el número de muestra que le corresponda, el número del pozo a cielo abierto del que se tomó, el estrato, las profundidades entre las que se extrajo, el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio y señalando la cara superior de la muestra.
- E.1.6.** Cuando se requiera determinar los coeficientes de variación volumétrica de los estratos de suelos en estudio, se determinarán sus correspondientes masas volumétricas en el lugar, salvo que se tomen muestras cúbicas inalteradas.
- E.1.7.** Cuando se trate de préstamos o bancos de materiales, además de las muestras representativas de cada estrato, se toma del canal realizado en la pared del pozo, una muestra integral con masa no menor de cincuenta (50) kilogramos, que se envasa en una bolsa de plástico o lona resistente, o en cualquier tipo de recipiente que evite su contaminación o pérdida, y se identifica por medio de dos etiquetas, una que se introduce en el envase y la otra que se fija en su exterior. En ambas etiquetas se anota el número de muestra que le corresponda, el número del pozo a cielo abierto del que se tomó, las

profundidades entre las que se extrajo y el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio.

## **E.2. SONDEOS CON POSTEADORA (P)**

Los sondeos que se realizan con una posteadora, permiten obtener perforaciones de diámetro pequeño, desde la superficie del terreno en aquellos sitios donde no sea posible practicar un pozo a cielo abierto o desde el fondo de éste, cuando no se pueda excavar más y se requiera obtener información del subsuelo a mayor profundidad, con objeto de obtener muestras representativas que permitan identificar los estratos inferiores, determinar su clasificación, o en el caso de suelos cohesivos, estimar con veleta su resistencia al esfuerzo cortante. En su ejecución, se tomará en cuenta lo siguiente:

- E.2.1.** Los sondeos con posteadora pueden realizarse a una profundidad aproximada hasta de cuatro (4) metros o hasta donde lo permitan la presencia de roca o el nivel de aguas freáticas.
- E.2.2.** De cada porción de suelo que se extraiga con la posteadora, el ingeniero encargado de la exploración determinará su clasificación manualmente conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) al que hace referencia el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos* e identificará el estrato a que corresponde. Asimismo, seleccionará las porciones que han de tomarse como muestras y elaborará un perfil stratigráfico en el que se indiquen los espesores de cada estrato, anotando la clasificación manual del suelo, su descripción y color. Cada muestra se envasa en una bolsa de plástico limpia y resistente que pueda cerrarse perfectamente para evitar que pierda agua o se contamine, y se identifica mediante etiquetas que se colocan en el interior y el exterior de la propia bolsa, anotando en cada una el número de muestra que le corresponda, el número de sondeo con posteadora del que se tomó, las profundidades entre las que se extrajo y el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio.

## **E.3. SONDEOS CON RECUPERACIÓN CONTINUA (SC)**

Son sondeos con perforaciones o barrenos en roca, que se realizan desde la superficie del terreno mediante una máquina rotatoria con

la capacidad suficiente para alcanzar la profundidad deseada, con un diámetro mínimo de cuarenta y siete (47) milímetros (NQ), para recuperar en forma continua las muestras de roca bien consolidada. En su ejecución se tomará en cuenta lo siguiente:

- E.3.1.** Para evitar la fragmentación de los núcleos de roca debida a la rotación del equipo, se utiliza un barril doble giratorio como herramienta de perforación y muestreo.
- E.3.2.** Las brocas han de ser las especificadas para los diferentes tipos de rocas que se presenten, garantizando así la mayor recuperación posible y la eficiencia en la perforación.
- E.3.3.** Las muestras o núcleos obtenidos se identifican marcando en cada uno el número de sondeo y muestra que le corresponde, las profundidades entre las que se extrajo y la posición de su parte superior; se empacan en cajas especiales de madera, en las que se indican las profundidades de los tramos perforados, así como los datos generales del sondeo, tales como nombre del proyecto, ubicación y número, elevación del brocal y profundidad total explorada; esta información y las muestras obtenidas, permiten estimar la recuperación y el índice de calidad (RQD) de la roca en sus diversos tramos.

#### **E.4. SONDEOS INTEGRALES (SI)**

Son sondeos integrales que se realizan con barrenos que se perforan desde la superficie del terreno, mediante una máquina rotatoria con la capacidad suficiente para alcanzar la profundidad deseada, a fin de obtener muestras íntegras del macizo rocoso, realizando previamente una perforación de diámetro pequeño, por donde se inyecta una lechada cementante, de manera que el muestreo se realice al cien (100) por ciento y la estructura de las muestras resulte intacta. En su ejecución se tomará en cuenta que:

- E.4.1.** Para evitar la fragmentación de los núcleos de roca debida a la rotación del equipo, como herramienta de perforación y muestreo, se puede utilizar un muestreador sencillo rígido, uno doble rígido o uno doble giratorio.
- E.4.2.** Las brocas han de ser las especificadas para los diferentes tipos de rocas que se presenten, garantizando así la eficiencia en la perforación y el cien (100) por ciento de recuperación.

**E.4.3.** Las muestras o núcleos obtenidos se identifican y registran como se indica en el Inciso E.3.3. de esta Norma.

## **E.5. SONDEOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)**

Son sondeos que se realizan mediante barrenos que se perforan desde la superficie del terreno en suelos cohesivos o friccionantes, para obtener muestras representativas y estimar la compacidad de suelos puramente friccionantes con poca grava, en los que se dificulta la obtención de muestras inalteradas, o la resistencia a la compresión simple en suelos cohesivos. Se practican mediante el hincado de un penetrómetro estándar a través de percusiones de un martinete con masa de sesenta y cuatro (64) kilogramos que se deja caer libremente desde una altura de setenta y cinco (75) centímetros. El penetrómetro estándar consiste en un tubo de pared gruesa, partido longitudinalmente, de treinta y cinco (35) milímetros de diámetro interior y cincuenta coma ocho (50,8) milímetros de diámetro exterior, con una zapata afilada en su extremo inferior y acoplado a una columna de barras de perforación, de acero de cuatro coma cuarenta y cuatro (4,44) centímetros de diámetro exterior (AW) o, preferentemente, de cinco coma cuatro (5,4) centímetros (BW), para disminuir el pandeo durante el hincado. En su ejecución se tomará en cuenta lo siguiente:

- E.5.1.** El sondeo se lleva hasta la profundidad donde se desea hincar el penetrómetro, mediante una broca tricónica o alguna otra herramienta de perforación o muestreo.
- E.5.2.** Previamente al hincado se limpia cuidadosamente el fondo del sondeo con una posteadora o cuchara. Se introduce el penetrómetro hasta tocar el fondo y con el martinete se hace que penetre quince (15) centímetros. A partir de este momento se cuenta el número de golpes (N) necesarios para lograr la penetración de los siguientes treinta (30) centímetros. Si el número de golpes llega a cincuenta (50) y el penetrómetro ya no avanza, se suspende la acción, de lo contrario, se continúa aplicando golpes hasta que penetre en toda su longitud.
- E.5.3.** Una vez concluida la penetración, se extrae el penetrómetro del sondeo y se abre para que el ingeniero encargado de la exploración identifique el material extraído y el estrato a que pertenece, y elabore un perfil estratigráfico, donde indique la

profundidad y espesor de cada estrato; la clasificación manual del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), su descripción y su color; y el número de golpes (N) que fueron necesarios para hincar los treinta (30) centímetros intermedios del penetrómetro. La muestra se empaca en una bolsa de plástico tubular, limpia, resistente y perfectamente cerrada para evitar que pierda agua o se contamine, anotando en dos etiquetas que se colocan, una en su interior y otra adherida en su exterior, el número de muestra que le corresponda, el número del sondeo del que se tomó, las profundidades entre las que se extrajo, su clasificación manual conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio, señalando la parte superior de la muestra.

## **E.6. SONDEOS MIXTOS (SM)**

Cuando existe en el sitio alternancia de materiales que requieren diferentes procedimientos de muestreo o prueba, se ejecutan sondeos mixtos con barrenos que se perforan desde la superficie del terreno, tales como barril doble giratorio en la roca, o en los suelos, penetrómetro estándar, barril Denison, tubo de pared delgada, y cono eléctrico, entre otros. En este tipo de sondeos, se tomará en cuenta lo siguiente:

### **E.6.1. Barril doble giratorio**

El muestreo de la roca en los sondeos mixtos, se realiza con el barril doble giratorio, considerando lo indicado en la Fracción E.3. de esta Norma.

### **E.6.2. Penetrómetro estándar**

El muestreo y prueba de suelos con penetrómetro estándar en los sondeos mixtos, se realiza considerando lo indicado en la Fracción E.5. de esta Norma.

### **E.6.3. Barril Denison**

El barril Denison, que se utiliza en el caso de arcillas duras, limos compactos, limos cementados con pocas gravas y capas granulares compactas, consiste en dos tubos concéntricos; el

interior se hinca por presión para contener la muestra, mientras que el exterior corta el suelo por rotación con una broca de carburo de tungsteno colocada en su extremo, haciendo circular entre ambos tubos algún fluido de perforación como agua, lodo o aire, lo que puede alterar o contaminar en mayor o menor grado las muestras, según el tipo de suelo que se ataque. Cuando se utiliza para muestrear materiales granulares, se adapta en el extremo inferior del tubo interior una canastilla formada por laminillas de acero. Esta herramienta también presenta un funcionamiento adecuado en tobas duras, utilizando aire como fluido de perforación cuando se muestree por arriba del nivel freático.

#### **E.6.4. Tubo de pared delgada**

El tubo de pared delgada se utiliza con mayor frecuencia para obtener muestras prácticamente inalteradas de suelos cohesivos con consistencia blanda a firme, tipo Shelby, que consiste en un tubo de acero, latón, aluminio o PVC, de diez (10) centímetros de diámetro interior y un (1) metro de longitud, habilitado con filo en su extremo inferior, pintado en su interior para evitar la alteración de la muestra por la corrosión del tubo, y unido en su extremo superior a una columna de barras de perforación, que sirven para hincarlo desde la superficie. Si se trata de arcillas duras, limos compactos o cementados, el tubo será dentado en su parte inferior mediante ocho (8) dientes alternados, uno recto y otro doblado dos (2) milímetros hacia el exterior, con el fin de evitar la fricción de la pared del tubo con el suelo. En cualquier caso, se tomará en cuenta lo siguiente:

- E.6.4.1.** El sondeo se lleva hasta la profundidad donde se requiere hincar el tubo de pared delgada, mediante una broca tricónica o alguna otra herramienta de perforación o muestreo.
- E.6.4.2.** Antes de iniciar el hincado se limpia cuidadosamente el fondo del sondeo con una posteadora o cuchara. El tubo se introduce hasta tocar el fondo y se hinca en el suelo aproximadamente setenta y cinco (75) centímetros a una velocidad constante entre quince (15) y treinta (30) centímetros por segundo. Si el tubo es dentado, su hincado se hace a una velocidad constante de un (1) centímetro por segundo, imprimiendo al mismo tiempo una rotación de cien (100) revoluciones por minuto.

**E.6.4.3.** Una vez hincado el tubo se deja reposar tres (3) minutos para permitir que la muestra se adhiera a sus paredes, se gira para cortar la muestra en su base, se extrae de la perforación, y se limpian sus extremos retirando la capa de suelo alterado en un espesor de un (1) centímetro, para que el ingeniero encargado de la exploración identifique el material extraído y el estrato a que pertenece, y elabore un perfil estratigráfico donde indique la profundidad y espesor de cada estrato, así como la clasificación manual del suelo conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), su descripción y su color. Los extremos del tubo se sellan recubriéndolos mediante una capa de por lo menos siete (7) milímetros de espesor, de una mezcla de parafina y brea, para preservar el contenido de agua de la muestra.

**E.6.4.4.** La muestra dentro del tubo sellado se identifica mediante una etiqueta que se fija en el exterior, anotando el número de muestra que le corresponda, el número del pozo a cielo abierto del sondeo mixto que se tomó, las profundidades entre las que se extrajo y el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio, señalando la parte superior de la muestra.

#### **E.6.5. Cono eléctrico**

Este dispositivo se utiliza en los sondeos con el propósito de conocer indirectamente la estratigrafía de suelos blandos y en menor medida de suelos duros, y los valores relativos de resistencia entre los diversos estratos, permitiendo la estimación de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo en condiciones no drenadas y la capacidad de carga de cimentaciones profundas, mediante correlaciones empíricas. El proceso consiste en el hincado a presión, con una velocidad constante de uno (1) a dos (2) centímetros por segundo, de un cono formado por una celda de carga con dos unidades sensibles instrumentadas, adosada en el extremo inferior de una columna de barras de acero, con lo que se obtienen las variaciones con la profundidad de la resistencia a la penetración de punta del cono y de la fricción del mismo, que se registran mediante una señal digital. La variación de la resistencia de punta se compara con la estratigrafía obtenida mediante sondeos con muestreo inalterado continuo.

## E.7. ESTABILIZACIÓN DE LOS SONDEOS

Para evitar caídas de material que puedan cerrar los sondeos, sus paredes se estabilizan mediante ademes metálicos o lodos bentoníticos, dependiendo de las características del material perforado y del tipo de sondeo. La utilización de lodos se permitirá sólo en aquellos casos donde no exista riesgo de contaminar las muestras o de alterar algunas propiedades del subsuelo.

## F. REGISTROS DE CAMPO

Durante los trabajos de exploración directa, cada muestra de roca o suelo que se obtenga, se registra en una libreta de campo o en formatos especialmente diseñados para ello, asentando:

- El nombre del proyecto para el que se realiza el estudio;
- Cuando se trate de muestreo superficial, el lugar de donde se obtuvo la muestra, su posición y la unidad de roca o suelo a que pertenece;
- Cuando se trate de muestreo profundo, el número, ubicación que incluya sus coordenadas georreferenciadas y elevación media del brocal del pozo a cielo abierto o sondeo del que se obtuvo la muestra, la profundidad total excavada o perforada, la profundidad del nivel freático cuando exista y, en su caso, el diámetro de la perforación, el tipo de muestreador utilizado, el tipo de broca empleada para el avance y el tipo y la profundidad del ademe utilizado;
- El número y tipo de la muestra, la fecha en que se tomó y las profundidades entre las que se extrajo;
- Si se trata de núcleos de roca, su longitud media, recuperación e índice de calidad (RQD), así como su clasificación visual y su descripción incluyendo su grado de alteración, sus discontinuidades y color;
- Si se trata de muestras de suelo, su clasificación manual conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y su descripción incluyendo compacidad, tamaño, distribución y forma de las partículas en suelos gruesos y tipo de cementante si existe, o consistencia, tenacidad, resistencia en estado seco y dilatancia de suelos finos; así como grado de humedad y color. En su caso, su

resistencia al esfuerzo cortante estimada con torcómetro y su clasificación para fines de presupuesto según su atacabilidad, o el número de golpes (N) que fue necesario aplicar para hincar los treinta (30) centímetros intermedios del penetrómetro estándar y la longitud media de la muestra;

- Cualquier otra observación que sea pertinente.

## **G. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

Para transportar las muestras empacadas, del sitio de su obtención al laboratorio, se acomodan en el vehículo de transporte de tal modo que no se golpeen o dañen. Una vez que se reciban en el laboratorio, se registran asignándoles un número de identificación para su análisis y se almacenan en una bodega techada, cerrada, limpia y seca, colocándolas ordenadamente de tal forma que no se confundan y no puedan sufrir caídas o alteraciones.

## **H. PRUEBAS DE LABORATORIO**

**H.1.** Si se requiere complementar o precisar la información contenida en los estudios geológicos a que se refiere la Fracción D.4. de la Norma N-PRY-CAR-1-02-001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*, a las muestras que se seleccionen como las típicas de cada unidad de roca, se les realiza en el laboratorio su análisis petrográfico.

**H.2.** A las muestras representativas que se obtengan y que se seleccionen como las típicas de cada estrato de suelo, en el laboratorio se les hacen las pruebas de granulometría simplificada y límites de consistencia, para determinar formalmente su clasificación conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como las de contenido natural de agua.

**H.3.** A las muestras integrales que se obtengan y que se seleccionen como las típicas de cada unidad de suelo o roca, en el laboratorio se les hacen las pruebas de granulometría, límites de consistencia y todas las que sean necesarias para determinar las propiedades que se requieran, según el propósito de la exploración, entre otras:

- Masa volumétrica seca suelta.

- Masa volumétrica seca máxima, humedad óptima de compactación, valor soporte de California (CBR) y expansión, mediante la prueba del *Cuerpo de Ingenieros* en materiales para terracerías.
- Masa volumétrica seca máxima y humedad óptima de compactación mediante la prueba AASHTO Modificada, valor soporte de California (CBR) con compactación dinámica, equivalente de arena y desgaste de Los Ángeles en materiales para subbases y bases.
- Equivalente de arena, desgaste de Los Ángeles, afinidad con el asfalto, forma de las partículas, absorción y densidad en materiales para mezclas asfálticas, entre otras.

**H.4.** A las muestras inalteradas que se obtengan y que se seleccionen como las típicas de cada estrato de suelo, además de la granulometría simplificada, los límites de consistencia y contenido natural de agua, se les hacen en el laboratorio todas las pruebas que sean necesarias para determinar las propiedades que se requieran, según el propósito de la exploración, entre otras:

- Masa volumétrica seca natural y valor soporte de California (CBR) natural en materiales para terracerías.
- Pruebas de resistencia y deformabilidad, como las de compresión triaxial, compresión simple, corte directo, prueba de tensión y consolidación, para determinar el comportamiento mecánico de los suelos.

## **I. PRESENTACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DIRECTA**

La presentación de los resultados de la exploración directa del subsuelo, a que se refiere esta Norma, se hace como se indica a continuación:

### **I.1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**

Se presentan croquis de localización en planta, que muestren la ubicación de los pozos a cielo abierto, sondeos y frentes muestreados a lo largo del eje de trazo, en los sitios donde se construirán las obras menores de drenaje, en los probables

préstamos y bancos de materiales y, en su caso, en laderas inestables.

## **I.2. PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

Los resultados de la exploración directa del subsuelo de cada pozo a cielo abierto, sondeo o frente muestreado, se presentan mediante un perfil estratigráfico, que indique los datos que identifiquen y caractericen plenamente al pozo, sondeo o frente que represente, tales como el nombre del proyecto para el que se realiza el estudio; el número, ubicación, elevación media del brocal y la profundidad total perforada o excavada, del pozo o sondeo, en su caso, la profundidad del ademe utilizado y, cuando exista, la profundidad del nivel freático; las fechas de inicio y terminación de la excavación o perforación, el nombre del ingeniero que supervisó la exploración y el del técnico que la ejecutó; así como el equipo de perforación y las herramientas de muestreo usados. Los perfiles se elaboran con una escala tal que toda la información de un pozo, sondeo o frente pueda presentarse en una hoja tamaño carta o doble carta si la profundidad de la exploración lo requiere y dependiendo de los materiales encontrados, contendrán lo siguiente:

### **I.2.1. Perfil estratigráfico de rocas**

Cuando se trate de roca, el perfil estratigráfico mostrará claramente la columna litológica o estratigráfica definida en el sondeo, en la que se señalen gráficamente las diferentes unidades de roca encontradas y sus espesores, describiendo con base en los análisis de laboratorio, su tipo, origen, edad relativa, color, textura, estructura, grado de alteración y características de sus discontinuidades. Paralelamente a la columna litológica se incluye una gráfica que muestre la recuperación y el índice de calidad de la roca (RQD) de cada tramo homogéneo de roca.

### **I.2.2. Perfil estratigráfico de suelos**

Cuando se trate de suelos, el perfil estratigráfico mostrará claramente la columna estratigráfica definida en el pozo a cielo abierto, sondeo o frente muestreado, en la que se señalen gráficamente los estratos de suelo encontrados y sus espesores, describiendo con base en las pruebas de

laboratorio, su clasificación conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), origen, composición granulométrica, compacidad o consistencia, contenido de agua, color y cualquier otra característica que se considere pertinente. Paralelamente a la columna estratigráfica se incluye una gráfica que muestre el contenido de agua y los límites de consistencia de cada muestra y, en su caso, otra gráfica que indique el número de golpes (N) obtenidos con la prueba de penetración estándar o los resultados del cono eléctrico.

### **I.3. CROQUIS DEL PERFIL DE SUELOS**

Para ilustrar esquemáticamente los cambios de las diversas formaciones a lo largo del eje de trazo de la carretera y tomando como base el perfil topográfico a que se refiere la Fracción D.2. de la Norma N-PRY-CAR-1-02-001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*, en concordancia con la zonificación fisiográfica y litológica, además de los perfiles estratigráficos a que se refiere la Fracción anterior, se presentará un croquis del perfil de suelos por cada subtramo de un (1) kilómetro o menos, que muestre la posición de la posible subrasante, indique la ubicación de cada pozo a cielo abierto o sondeo ejecutado sobre el eje de trazo, y muestre claramente la información relativa a las profundidades en las que se detectaron los cambios de materiales; la descripción y clasificación conforme al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) de los materiales constitutivos de cada estrato y su clasificación para fines de presupuesto según su atacabilidad; así como la posición del nivel de aguas freáticas.

### **I.4. RESULTADOS DE LABORATORIO**

Los resultados de las pruebas de laboratorio que se efectúen a las muestras obtenidas de cada pozo a cielo abierto, sondeo o frente muestreado, se presentan secuencialmente en forma tabulada.

# SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



## SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

### SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias

Ciudad de México, 03240

[www.gob.mx/sct](http://www.gob.mx/sct)



### INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Blvd. Manuel Ávila Camacho 5

Toreo Parque Central, Torre A, piso 4,

Col. Lomas de Sotelo

Naucalpan

Estado de México, 53390

[www.gob.mx/imt](http://www.gob.mx/imt)

[normas@imt.mx](mailto:normas@imt.mx)