

ORGANIZAN



52 años  
1971-2023

Sociedad Colombiana de Geotecnia



Instituto Colombiano de Ensayos e Investigaciones Geotécnicas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PATROCINAN



# Panel de discusión IV Curso Internacional De Exploración, Caracterización Y Mejoramiento Del Suelo



52 años  
1971-2023



Instituto Colombiano de Ensayos e Investigaciones Geotécnicas



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA NORMATIVIDAD COLOMBIANA SOBRE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA - SCG

MARIO CAMILO TORRES SUÁREZ

Ing. Civil, Magíster en Geotecnia, Doctor en ingeniería.

Presidente Sociedad Colombiana de Geotecnia

Profesor asociado Universidad Nacional

Bogotá D.C 10/ 06 /2023

# ASESORÍA GEOTÉCNICA EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CLASIFICACIÓN DE MATERIALES TÉRREOS POR RIGIDEZ Y RESISTENCIA

Clasificación de los Materiales Térreos

TIPO MATERIAL TERREO	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN POR RIGIDEZ Y RESISTENCIA
MTA	Roca Muy Dura	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
MTB	Roca Dura	$760 \text{ m/s} \leq V_s < 1500 \text{ m/s}$
MTC	Roca Blanda y/o Suelo Duro y/o Denso	$360 \text{ m/s} \leq V_s < 760 \text{ m/s}$ , o $N_{60} \geq 50 \text{ g/pie}$ , o $su \geq 250 \text{ kPa}$ , o $Q_c \geq 25 \text{ MPa}$
MTD	Suelo Medio	$180 \text{ m/s} \leq V_s < 360 \text{ m/s}$ , o $15 \text{ g/pie} \leq N_{60} < 50 \text{ g/pie}$ , o $50 \text{ kPa} \leq Su < 250 \text{ kPa}$ , o $7,5 \text{ MPa} \leq Q_c < 25 \text{ MPa}$
MTE	Suelo Blando y/o Suelo	$V_s < 180 \text{ m/s}$ , o $N_{60} < 15 \text{ g/pie}$ , o $Su < 50 \text{ kPa}$ , o $Q_c < 7,5 \text{ MPa}$
MTF	Suelo Especial	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	<p><b>MTF1-</b> Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por excitación sísmica tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p><b>MTF2-</b> Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas</p> <p><b>MTF3-</b> Arcillas de muy alta plasticidad (Limite Líquido <math>w_L &gt; 75 \%</math>)</p>	

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CLASIFICACIÓN DE MATERIALES TÉRREOS POR RIGIDEZ Y RESISTENCIA

Clasificación de los Materiales Térreos

TIPO MATERIAL TERREO	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN POR RIGIDEZ Y RESISTENCIA
MTA	Roca Muy Dura	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
MTB	Roca Dura	$760 \text{ m/s} \leq V_s < 1500 \text{ m/s}$
MTC	Roca Blanda y/o Suelo Duro y/o Denso	$360 \text{ m/s} \leq V_s < 760 \text{ m/s}$ , o $N_{60} \geq 50 \text{ g/pie}$ , o $su \geq 250 \text{ kPa}$ , o $Q_c \geq 25 \text{ MPa}$
MTD	Suelo Medio	$180 \text{ m/s} \leq V_s < 360 \text{ m/s}$ , o $15 \text{ g/pie} \leq N_{60} < 50 \text{ g/pie}$ , o $50 \text{ kPa} \leq Su < 250 \text{ kPa}$ , o $7,5 \text{ MPa} \leq Q_c < 25 \text{ MPa}$
MTE	Suelo Blando y/o Suelo	$V_s < 180 \text{ m/s}$ , o $N_{60} < 15 \text{ g/pie}$ , o $Su < 50 \text{ kPa}$ , o $Q_c < 7,5 \text{ MPa}$
MTF	Suelo Especial	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	<p><b>MTF1-</b> Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por excitación sísmica tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p><b>MTF2-</b> Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas</p> <p><b>MTF3-</b> Arcillas de muy alta plasticidad (Limite Líquido <math>w_L &gt; 75 \%</math>)</p>	

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

# GENERALIDADES

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

## CATEGORIAS DE PROYECTO

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### Clasificación de las categorías de proyecto

Categoría de proyecto	Según los niveles de construcción, incluyendo sótanos, terrazas y pisos técnicos	Según la carga máxima de servicio en columnas (kN)	Según la carga máxima de servicio en muros de carga (kN/m)
Baja	Hasta 3 niveles	Menor de 1.100	Menor de 110
Media	Entre 4 y 12 niveles	Entre 1,101 y 5,000	Entre 111 y 500
Alta	Entre 13 y 20 niveles	Entre 5,001 y 8,000	Entre 501 y 800
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayor de 8,000	Mayor de 800

Nota: Para los sistemas estructurales que no usan exclusivamente columnas o muros de carga, no aplica el criterio de carga máxima de servicio

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### OBJETIVOS DE LA EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA:

1. Obtener información geológica y geotécnica pertinente y relevante acerca del sitio del proyecto
2. Establecer las características geomecánicas de los suelos y rocas en el área de influencia directa del proyecto en estudio, a juicio del Ingeniero Civil Geotecnista y que debe incluir como mínimo el área en planta de la edificación, y por fuera de ésta hasta un máximo de 2 veces la dimensión menor de la edificación en cada sentido por fuera de sus paramentos.
3. Determinar propiedades geomecánicas e hidráulicas de suelos y rocas que permitan soportar de manera adecuada los análisis de ingeniería, en aspectos tales como: capacidad portante, estabilidad de taludes y estructura de contención, asentamientos, desplazamientos horizontales, potencial de licuación, y cualquier otro comportamiento que sea relevante para evaluar el desempeño geotécnico del proyecto durante su vida útil.
4. Determinar la posición del agua subterránea y su condición (libre, confinada, artesiana u otra).
5. Formular un modelo geológico-geotécnico local que permita establecer, de una parte, el grado de uniformidad geológica del área de implantación del proyecto y, de otra parte, las implicaciones de las variaciones identificadas en el comportamiento y respuesta geotécnica para el proyecto

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### MODELO GEOLÓGICO-GEOTECNICO LOCAL, CRITERIOS DE UNIFORMIDAD GEOLÓGICO-GEOTECNICA Y PERFILES TIPICOS DEL ÁREA DEL PROYECTO

El Estudio Geotécnico implica la formulación de un modelo geológico-geotécnico local que deberá establecerse de manera consecuente con las dimensiones del área de influencia directa del proyecto, los rasgos topográficos, litológicos, estructurales y geomorfológicos que deberán ser tenidos en cuenta por el Ingeniero Civil Geotecnista para zonificar y caracterizar geotécnicamente el área de interés para el proyecto.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### UNIFORMIDAD GEÓLOGICO-GEOTEÉCNICA

La calificación de la uniformidad geológico-geotécnica del área del proyecto se establecerá a partir de las características del modelo geológico-geotécnico, de los resultados de la descripción de perforaciones disponibles, de las variaciones de la pendiente del sitio, con los criterios indicados en la siguiente Tabla

Definición de la Uniformidad Geológica-Geotécnica del Área del Proyecto

Uniformidad geológico- geotécnica	Características Generales de los Terrenos y sus Materiales	Pendiente S(%)	Tectónica
UGGA – Alta	Terrenos sin variaciones importantes entre una perforación y sus vecinas. En geologías simples, con materiales de espesores y características mecánicas aproximadamente homogéneas, en grandes áreas con materiales uniformes.	$S \leq 10\% (6^\circ)$	Ausencia de fallas y/o pliegues geológicas
UGGB – Baja	Terrenos sin variaciones importantes entre una perforación y otra. En formaciones geológicas complejas, con alternancia de materiales con orígenes y espesores diferentes, heterogeneidad dentro de las mismas unidades, topografía irregular con accidentes importantes.	$S \geq 50\% (27^\circ)$	Presencia de fallas y/o pliegues geológicos
UGGM - Media	Terrenos son situaciones intermedias entre uniformidad baja y alta.	$10\% < S < 50\%$	Inferencia de rasgos tectonicos

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### Zonificación y determinación de perfiles geotécnicos típicos

Para fines de exploración y/o diseño el Ingeniero Civil Geotecnista, zonificará el área del proyecto teniendo en cuenta la Uniformidad Geológico-Geotécnica del sitio del proyecto y la distribución de edificaciones dentro de este sitio.

Para cada zona se determinará por lo menos un perfil geotécnico típico por cada 2,500m<sup>2</sup> de área de lote edificable o que requiera exploración por otras razones, como estudios de amenazas naturales.

Para determinar apropiadamente los perfiles geotécnicos típicos se debe contar con una descripción adecuada de los materiales térreos (suelos y rocas) en las perforaciones, para lo cual se recomiendan las descripciones adaptadas de la Oficina Geotécnica de Hong Kong (GEO, 2017), y además contar con datos numéricos de mínimo un tipo de ensayo en campo, como SPT, Cono, Downhole, etc., al menos cada 1.5m de profundidad.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Específicamente se deberán validar los siguientes aspectos:

1. Que el número de puntos de exploración y/o su profundidad, los cuales tendrán que ampliarse si por razones de uniformidad geológico-geotécnica del sitio la exploración programada y ejecutada no permite una adecuada interpretación de las condiciones geológico-geotécnicas del sitio del proyecto, a juicio del Ingeniero Civil Geotecnista.
2. La pertinencia de los métodos geofísicos adoptados como parte del programa de exploración, verificando su consistencia con los resultados de las exploraciones directas.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Específicamente se deberán validar los siguientes aspectos:

3. La exploración en cada proyecto se podrá adelantar complementariamente con métodos directos e indirectos, en una proporción inferior al 50% del total para métodos directos que implican muestreo representativo hasta la profundidad de interés y no superior al 50% para métodos indirectos en perforación (exploración indirecta superficial) y/o desde superficie (exploración indirecta superficial) garantizando que éstos métodos indirectos exploren el terreno a la profundidad de interés, en metros y ajustada al número entero superior.
4. La confiabilidad de los parámetros obtenidos para suelos y rocas en campo y laboratorio, lo que se deberá hacer contrastando los mismos con la experiencia local, la del ingeniero civil geotecnista responsable y/o con datos de la literatura para establecer si son consistentes con el tipo y origen de los materiales térreos. Si es necesario, se deberán realizar ensayos adicionales a los programados inicialmente.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES

Se obtendrán los antecedentes del proyecto, geológicos, morfológicos, sísmicos regionales y locales, hidrogeológicos, de inestabilidad (derrumbes, avalanchas, hundimientos, etc.), construcciones en el área de influencia cercana, la cual deberá definir el ingeniero civil geotecnista en su informe de acuerdo con las condiciones geológico-geotécnicas del entorno, alteraciones del terreno por cortes y/o rellenos antrópicos, así como la existencia de suelos y rocas con comportamientos especiales potenciales (materiales expansivos, dispersivos, licuables, colapsables, desleíbles, etc., cavernas, zonas de brecha, suelos contaminados, etc.). Estos antecedentes podrán ser obtenidos de estudios regionales disponibles o de estudio efectuados para el proyecto o en áreas vecinas.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### DETERMINACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL SÍSMICO DEL SUBSUELO

En los proyectos de todas las categorías será mandatorio cumplir con todas las exigencias de ensayos de campo y laboratorio y realizar la medición directa de velocidad de onda de cortante ( $V_s$ ), para poder clasificar el perfil sísmico de suelo con mayor precisión y no se aceptarán correlaciones para estas determinaciones. Sin embargo, esta exigencia podrá ser eximible en proyectos de categorías Baja y Media, en los cuales, si no se hace la medición de  $V_s$ , se tendrá que optar por clasificar el perfil de suelo máximo como Tipo E. También, si existe un estudio de Microzonificación Sísmica debidamente aprobado por la Comisión de la Norma, se podrá usar la clasificación del suelo establecida según la microzona del proyecto, incluyendo perfiles Tipo F. Si no existe un estudio de Microzonificación Sísmica debidamente aprobado por la Comisión de la Norma, y el perfil de suelo clasifica como tipo F, se debe adelantar un estudio sísmico particular de sitio.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CANTIDAD Y PROFUNDIDAD MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

Cantidad Mínima de Puntos de Exploración y Profundidad Mínima de Exploración según Categoría del Proyecto y para una Edificación o 2,500 m<sup>2</sup> de área de estudio

Categoría de Proyecto	Cantidad Mínima de Puntos de Exploración	Profundidad Mínima de Exploración <b>Z</b> (m)
Baja	Tres (3)	<b>Z = 1,5N o 0,5H con Z ≥ 6 m</b> La que sea mayor y redondeada a la unidad superior, donde <b>N</b> = numero de niveles de la edificación incluyendo sótanos, terrazas y pisos técnicos <b>H</b> = altura de la edificación en metros
Media	Cuatro (4)	
Alta	Cuatro (4)	
Especial	Cinco (5)	

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA DEFINIR EL NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN

1. Las cantidades de exploración mínimas aplican a sitios calificados como de Uniformidad Geológico-Geotécnica Alta (UGGA). Para sitios calificados como de Uniformidad Geológico-Geotécnica Media (UGGM), los puntos de exploración se deben incrementar por lo menos en un tercio ( $1/3$ ) y para sitios calificados como de Uniformidad Geológico-Geotécnica Baja (UGGB), los puntos de exploración se deben incrementar por lo menos en la mitad ( $1/2$ ) con relación al número correspondiente a una condición de Uniformidad Geológico-Geotécnica Alta (UGGA), redondeado al número entero superior, a menos que el estudio geológico detallado sustentado con los datos de la exploración mínima establecida permita justificar un incremento diferente de puntos de exploración, que en ningún caso podrá conducir a un número de puntos menor a los mínimos establecidos en el presente Reglamento para condición de Uniformidad Geológico-Geotécnica Alta (UGGA).
2. En todos los casos, para una edificación nueva, el número mínimo de puntos de exploración para un estudio será de tres (3).

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA DEFINIR EL NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN

3. Para proyectos cuyo desarrollo tenga lugar en un área de lote que supere los 2,500 m<sup>2</sup> (que no sean proyectos de casas de uno y dos pisos), el número mínimo de puntos adicionales de exploración se calculará a partir del número de áreas equivalentes de 2,500 m<sup>2</sup> de manera que, por cada unidad adicional completa de 2,500m<sup>2</sup> se ejecuten el treinta por ciento (30%) del requerido para los primeros 2,500 m<sup>2</sup>. El redondeo de las cantidades de perforación se hará una vez se hayan considerado los incrementos por criterios de Uniformidad Geológico-Geotécnica y por número de unidades de áreas equivalentes, aproximando, cualquiera sea la fracción, al número entero superior. En todos los casos se verificará que los espaciamientos resultantes entre puntos de exploración no superen los 50m, máximo espaciamiento admisible.
4. El número mínimo total de puntos de exploración del proyecto será la suma de los puntos de exploración de todas las edificaciones del proyecto.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

1. Para cualquier proyecto (que no sean proyectos de casas de uno y dos pisos), la profundidad mínima de exploración se establecerá con base en la edificación de más niveles o mayor carga por columna o muro portante, el que resulte más desfavorable dentro de la zona homogénea respectiva.
2. Las profundidades se medirán bajo el nivel del fondo de las excavaciones o del terreno natural en el caso de rellenos. Se debe tener en cuenta la variación de la topografía donde aplique.
3. Independientemente de las profundidades mínimas, las profundidades de exploración no pueden ser menores a aquellas en que el incremento de esfuerzos causado por la edificación, o conjunto de edificaciones, sobre el terreno sea el 10% del esfuerzo vertical promedio de contacto en la interfaz inferior de zapata, zarpa o losa de cimentación contra el material térreo.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

4. En cimentaciones con pilotes individuales o espaciados más de 4 diámetros (centro a centro), la profundidad será la mayor que resulte entre la profundidad del pilote más largo más 3 veces el diámetro y la profundidad en que el incremento de esfuerzos verticales sea menor al 10% del esfuerzo vertical promedio de contacto en la interfaz inferior de zapata, zarpa o losa de cimentación que lleva los pilotes contra material térreo.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

En los grupos de pilotes la profundidad de exploración deberá alcanzar el mayor valor de las siguientes condiciones:

1. Una profundidad **Z<sub>a</sub>** de mínimo **b<sub>g</sub>** (EN 1997-2, 2007).
2. Una profundidad **Z<sub>a</sub>** de mínimo 6m (Sabatini et al., 2002).
3. Una profundidad **Z<sub>a</sub>** de mínimo **3D<sub>f</sub>** (EN 1997-2, 2007).
4. Una profundidad mínima de exploración **Z<sub>e</sub>** de dos veces la dimensión máxima en planta del grupo de pilotes (Sabatini et al., 2002)

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

2. Una profundidad mínima  $Z_e$  de  $2/3$  la longitud del pilote más profundo más una vez y media (1.5) la dimensión mínima en planta del grupo de pilotes en proyectos de Categoría Baja o Media y más dos veces (2.0) la dimensión mínima en planta del grupo de pilotes (según Terzaghi y Peck (1948) y adaptado de Look, 2007) para proyectos de Categoría Alta y Especial.
3. Se aceptará reducir la profundidad mínima de perforación establecida en los párrafos anteriores cuando se presente un material de comprobada firmeza de acuerdo con el Modelo Geológico-Geotécnico local y que sea clasificado como un Material Térreo Tipo MTC o mejor, y sin que ello implique dejar de evaluar problemas potenciales de inestabilidad geológico-geotécnica por condiciones de comportamiento especial, teniendo en cuenta además los siguientes criterios:

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### CRITERIOS PARA PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE EXPLORACIÓN

4. En proyectos de Categoría Baja y todas las categorías de proyectos de casas de uno y dos pisos se podrá suspender la perforación luego de penetrar al menos 1.5m en materiales térreos duros tipo MTC o mejor, o 1.5 veces el mayor diámetro de los pilotes por debajo de la punta del pilote, lo que resulte mayor.
5. En proyectos de Categoría Media se debe penetrar un mínimo de 3m en materiales térreos duros tipo MTC o mejor, o 3 veces el mayor diámetro de los pilotes por debajo de la punta del pilote, lo que resulte mayor.
6. En proyectos de Categorías Alta y Especial se debe penetrar al menos 6m en materiales térreos duros tipo MTC o mejor, o 4 veces el mayor diámetro de los pilotes por debajo de la punta del pilote, lo que resulte mayor.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN DIRECTA

Para que una perforación con equipo sea considerada directa deberá incluir la recuperación continua de muestras (alteradas o inalteradas) o con un intervalo máximo de 1.50 m si el perfil es uniforme en profundidad, y en caso de alta variabilidad de materiales, a intervalos menores de 1.50 m, por cada uno de los materiales que conforman el perfil, con excepción de los materiales orgánicos superiores, cuando los haya, y que no harán parte de los materiales de fundación.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN DIRECTA

Dependiendo de la Categoría del Proyecto a continuación se establecen los requerimientos mínimos de los equipos para adelantar las perforaciones con recuperación de muestras:

1. Para proyectos de Categoría Baja y de Casas de Uno y Dos pisos: equipos de perforación de operación manual o mecánicos livianos de rotación o de percusión y lavado
2. Para proyectos de Categoría Media y alta: se requieren equipos de avance por rotación con diámetro mínimo N(76 mm), para al menos el 50% de las perforaciones, con capacidad para recuperar muestras inalteradas con tubos de pared delgada en los materiales de suelos finos. Se requiere Supervisión Técnica Profesional Itinerante de un Ingeniero Civil o Geólogo o Ingeniero Geólogo.
3. Para proyectos de Categoría Especial los equipos deberán ser iguales a los de Categoría Alta, teniendo en cuenta que al menos el 50% de las perforaciones requeridas deberán incluir recobro continuo de muestras y diámetro mínimo H (101 mm) hasta la profundidad de exploración requerida. Se requiere Supervisión Técnica Profesional Calificada continua y asistencia geológica en la descripción de recobros rocosos.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN DIRECTA

Los registros de perforación o de las excavaciones exploratorias deberán contener la siguiente información mínima:

1. Localización, con coordenadas planas en metros y cota del inicio en metros sobre el nivel del mar.
2. Sistema de perforación empleado para el avance y la estabilización de la perforación.
3. Descripción visual de las muestras obtenidas, color y estado (consistencia o compacidad).
4. Fotografía a color de las muestras de suelo y roca, con indicadores de profundidad en metros
5. Por lo menos una fotografía a color por cada sitio de perforación con el equipo de perforación en trabajo de campo
6. Posición de los niveles de agua subterránea, si hay más de uno, obtenidos luego de su estabilización en la perforación y al inicio y al fin del día de labores de perforación, cuando éstas se extiendan por más de un día.
7. Descripción geológico-geotécnica detallada de cada tipo de material encontrado, indicando su origen geológico, color, rasgos texturales y de estado (humedad, consistencia o densidad según su tipo), en materiales de origen residual el grado de meteorización indicando la metodología adoptada y en rocas el tipo de material rocoso y sus características de recuperación y fracturamiento (RQD) y grado y tipo de alteración.
8. En proyectos de Categoría Alta y Especial y en aquellos en terrenos con uniformidad geológico-geotécnica baja (UGGB), la descripción detallada de los registros de perforación debe ser realizada por un profesional geólogo o ingeniero geólogo, en especial para descripción de los materiales rocosos.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN INDIRECTA SUPERFICIAL

Consiste en la realización de sondeos y/o líneas de exploración geofísica realizados sobre la superficie del terreno. Incluye métodos de exploración geofísica tales como: dispersión de ondas superficiales (ReMi, MASW), líneas de refracción sísmica, reflexión sísmica, arreglos para microtemores (CCA, SPAC), líneas geoeléctricas, líneas de exploración con georradar, gravimétricas, etc.

Los sondeos con exploración indirecta superficial podrán cubrir hasta 1/3 del número total de puntos de exploración requeridos; sin embargo, sólo contarán en el cumplimiento del número de puntos de exploración aquí requeridos si alcanzan las profundidades mínimas de exploración. En caso contrario, sólo harán parte de la caracterización general de campo de determinado tipo de material.

Para la ejecución de exploraciones por métodos geofísicos y su interpretación, se deben seguir los lineamientos y se puede hacer referencia a documentos tales como el de Hunter y Crow (2012) o a Normas Internacionales (ASTM, EUROCODE, ISRM, etc.).

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### ENSAYOS A ESCALA - PRUEBAS DE CARGA

Casos en los cuales es Obligatoria la Instrumentación y el Monitoreo Geotécnico

Tipo de Proyecto	Casos	Monitoreo Mínimo Obligatorio
Excavaciones	Excavaciones para las que es obligatorio realizar estudios geotécnicos	Medición de asentamientos y deformaciones horizontales en el entorno de la excavación, niveles freáticos y/o presión de poros.
Edificaciones	Edificaciones con construcciones colindantes.	Medición de asentamientos en las construcciones colindantes, las cuales deben iniciarse antes de comenzar la construcción de las cimentaciones del proyecto.
	Edificaciones en terrenos blandos en suelos tipo E o F.	Medición de asentamientos de la edificación.
	Proyectos de Categorías Media, Alta y Especial.	Medición de asentamientos de la edificación.
Modificación de la Cimentación	En todos los casos.	Medición de asentamientos de la edificación.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES Y AMENAZAS NATURALES

Las condiciones especiales estarán asociadas por ejemplo a:

- Suelos sueltos muy blandos
- Suelos compresibles
- Suelos potencialmente licuables
- Suelos dispersivos
- Suelos expansivos
- Suelos desleíbles y/o colapsables
- Las amenazas relacionadas con la presencia de depósitos inestables
- Fallas geológicas activas en la zona del proyecto
- Avalanchas
- inundaciones

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### EXPLORACIÓN DE CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES Y AMENAZAS NATURALES

La identificación de las amenazas naturales será la base para los análisis y evaluación de riesgos geotécnicos de acuerdo con los lineamientos, así como para la elaboración de los análisis geotécnicos en los escenarios de construcción ANTES-DURANTE-DESPUÉS, adicionalmente a la presentación del Plan de Contingencia y Emergencias que debe incluir todo proyecto de cimentaciones de conformidad con lo establecido en la Ley 1523/2012 sobre Gestión del Riesgo de Desastres y sus decretos o normas reglamentarias y/o las que se encuentren vigentes.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

# Gracias

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## Relatoría Panel de discusión

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## Relatoría Panel de Discusión

Sábado 10 de junio de 2023

Auditorio Alfonso López Pumarejo del edificio Uriel  
Gutiérrez de la Universidad Nacional de Colombia

### Miembros de la mesa

Adolfo Alarcón Guzmán

Guillermo Eduardo Ávila Álvarez

Jorge Enrique Durán Gutiérrez

Orlando Andrés Melo Duque

Guillermo Pabón Gutiérrez

Edgar Eduardo Rodríguez Granados

Jorge Alberto Rodríguez Ordoñez

### Moderador

Mario Camilo Torres Suárez

**90 asistentes**



Instituto Colombiano de Ensayos  
e Investigaciones Geotécnicas



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## Introducción

La siguiente relatoría tiene como objetivo plasmar las inquietudes y/o ideas de los participantes expuestas en el panel de discusión sobre aspectos normativos en la investigación geotécnica que se llevó a cabo el día sábado 10 de junio en el IV Curso Internacional de Exploración, Caracterización y Mejoramiento del Suelo, así como los planteamientos y consideraciones realizadas por los miembros de la mesa principal.

**¿Ya que la norma está basada en especificaciones de otros lugares del mundo, cuál sería la mejor opción de país para guiarnos en cuanto a la normativa?**

La norma mexicana está muy bien estructurada y es una base adecuada para proyectos en la ciudad de Bogotá.

El hecho de que en ciertos aspectos específicos se toma como una guía la normativa de otros países, no quiere decir que se pueda tomar toda la norma de otro país pues las condiciones tropicales, climáticas, sísmicas, entre otras, son diferentes, por lo tanto no es una solución guiarnos por completo de otra norma por más que en otros lugares esté más desarrollada, si no velar por el mejoramiento y complementación de la norma del país, ya que en otros lugares esta mas completa pero para las condiciones de esos lugares, entonces la solución es generar una norma propia para las condiciones propias del país.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

**En cuanto a los aspectos éticos de los ingenieros, hoy en día hay profesionales que trabajan de forma no idónea y no hay algo que nos garantice que esto va a cambiar en el futuro, por lo tanto si se está trabajando en mejorar la norma también se debe trabajar en un control y una mayor educación hacia los ingenieros para evitar este tipo de trabajos no idóneos.**

Se está trabajando para que en las curadurías de todas las ciudades del país tengan como revisor de la parte geotécnica, un ingeniero civil geotecnista especializado con la capacidad suficiente para ejercer esta labor, de la misma categoría o mejor, que el diseñador geotecnista del estudio correspondiente al proyecto para de esta forma comenzar a regular de mejor manera a los profesionales que van a trabajar en los proyectos ya que se va a tener un mayor nivel de exigencia.

El hecho de que se quiera mejorar la calidad de los proyectos teniendo en cuenta a profesionales más idóneos y capacitados según sea la labor a ejecutar, no quiere decir que no se debe tener en cuenta a los profesionales más jóvenes o con menos experiencia, siempre y cuando demuestren tener las capacidades y estar a la altura de la responsabilidad que requiera su trabajo en el proyecto, pues aunque se requiera en los proyectos personas con experiencia, se debe tener muy en cuenta también las nuevas generaciones de profesionales que son los que en un futuro van a seguir construyendo y aportando conocimientos para la geotecnia de nuestro país.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

## **El ensayo de compresión inconfiada, ¿Debe descartarse hoy en día?**

Teniendo en cuenta que para proyectos de categoría alta se debe optar por un método que brinde mejores resultados, para proyectos pequeños o de categoría baja se suele usar el ensayo de compresión inconfiada y es suficiente para obtener los resultados deseados para el proyecto siempre y cuando se haga de forma correcta, por lo tanto, este tipo de ensayo no debería descartarse totalmente.

## **“Solamente los ingenieros civiles geotecnistas pueden firmar estudios de cimentaciones de edificios”**

Aunque los geólogos e ingenieros geólogos deben participar en los proyectos de categoría alta, estos no pueden firmar estudios de suelos pero esto es algo más legal de la norma que viene desde hace más de 15 años donde se especifica explícitamente que debe ser un ingeniero civil geotecnista con mínimo 5 años de experiencia en diseño de cimentaciones de edificios; es algo que para que cambie debe cambiar la ley y se requiere su debido proceso, sin embargo estos si pueden firmar otro tipo de estudios a lo largo de un proyecto.

## **“Aplicabilidad de la norma en proyectos para los cuales no está hecha”**

Ya que ciertas entidades no tienen sus propias especificaciones para la realización de proyectos, su solución es apegarse a la NSR10, lo cual no es algo malo ya que lo importante es tener en cuenta una normativa siempre para todo tipo de proyecto, sin embargo, si se debe trabajar por llenar estos vacíos y la manera de hacerlo es por medio de investigaciones con el apoyo de universidades.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

Es cierto que existen aspectos que no están especificados en la norma, pero estos no son tantos como lo puede pensar la gente muchas veces, sino que también existe un desconocimiento de la norma lo cual lleva a los profesionales a pensar que no hay una regulación de ciertos aspectos de un proyecto cuando en realidad sí los hay, pero se desconocen o no se tienen en cuenta como son el caso la de ley 1523 de 2012 que trata sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo, el manual de túneles para carreteras, el manual de estabilidad de taludes, entre otros.

También se requiere de un mejor personal a la hora de tomar muestras, ya que hoy en día no existe un ente regulador que exija cierto nivel de conocimientos para la toma de muestras si no que muchas veces, es realizado por personas que lo aprendieron empíricamente y por lo tanto la posibilidad de tomar una muestra inadecuada aumenta.

**¿Es posible la armonización de la norma en general, en proyectos de categoría alta donde en un mismo trazado o en una misma zona del proyecto se puede tomar diferentes parámetros establecidos por normas de dos o más entidades?**

Se está tratando de lograr, por ejemplo, con el Instituto Nacional de Vías que quiere actualizar y armonizar sus normas, aunque al ser las entidades como tal las que gestionan sus normas y al entrar también en juego los sectores de la economía que maneja cada entidad es más complejo lograrlo; sin embargo si es necesario y se debe velar por lograr esta armonización.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

Es un error pensar que las problemáticas que presenta el país en la rama se resuelven creando nuevas normas y leyes para regularlas. Aún no hay un código estandarizado en el país; por lo que se hace un llamado para capacitar lo mejor posible a los nuevos profesionales, para que tengan un cierto criterio y no responder solo por lo que establece la norma. La Sociedad no está proponiendo nada más allá de lo que dice la ley 1400 de 1997, ley que soporta la norma de diseño y construcción sismorresistente. Se propone que la lógica para los estudios geotécnicos para cimentaciones tenga una estructura básica, cada quien tiene que saber las capacidades que posee, si puede firmar un estudio geotécnico o no. La norma son los requisitos mínimos, se tiene que hacer el esfuerzo por conocer el terreno, la interacción del terreno con la cimentación. Los estudios que se exigen en la norma no son potestativos, por ejemplo, realizar el estudio de potencial de licuación, es necesario para demostrar que no hay una diferencia en rigidez, deformaciones y desplazamientos. Si una evaluación específica no se requiere, se tiene que tener un criterio pertinente para justificar su excepción en el estudio.

**Teniendo en cuenta que la mayoría de las construcciones del país, se encuentran en la categoría de proyecto medio, se debería plantear una subdivisión: entre 4 y 8 y entre 8 y 12 niveles. Puesto que para construcciones de menos de 8 niveles se exigen 4 sondeos de 15 m, mientras que para los proyectos de más de 8 niveles se realizan sondeos de 25 m. Esto con motivo de evitar que las edificaciones de dicha categoría con más niveles tengan una profundidad y un número de perforaciones insuficiente.**

La propuesta se encuentra cerrada en el momento, se cumplió con todo el protocolo exigido. Después de la socialización de la propuesta, se abre un espacio para escuchar y discutir propuestas adicionales, como esta que aplica para casos más específicos de la norma.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

**En el manual de túneles para carreteras elaborado por la FIDIC y la asociación mundial de túneles, se incluyó en la sección de estudios geotécnicos, códigos internacionales de cómo manejar información geotécnica para grandes proyectos de túneles. A su vez, se hizo la distinción de tres fases en los proyectos.**

La norma exige que para que un profesional pueda firmar y avalar un proyecto, este sea ingeniero civil, no se exige maestría sino mínimo 5 años de experiencia comprobable en diseño o revisión de cimentaciones de edificios. Ahora va a funcionar el examen de certificación por parte del ICFES, en el que varios geotecnistas participaron también, sobre la versión actual de la norma, según cómo sea el desempeño del evaluado en la prueba, puede ser diseñador, constructor o revisor de estudios geotécnicos para cimentaciones. Este examen propicia que no se dé una predilección y exclusividad por parte de los proyectos para solo contratar a los profesionales más experimentados del país, además de brindar más oportunidades a los ingenieros para evitar la fuga al exterior de los ingenieros más jóvenes, generando un ambiente más amigable entre los profesionales con menos experiencia.

Las curadurías y las grandes oficinas de geotecnia de las entidades públicas se tienen que llenar de personas capacitadas con la experiencia necesaria, para revisar, aprobar y/o rechazar un estudio. Ahora en la norma, si hay una demanda del edificio al constructor, ya no es una disputa entre el ingeniero civil estructural y el ingeniero civil geotecnista, también el geotecnista revisor que aprobó el estudio de suelos y el supervisor técnico de la curaduría, estarán involucrados en la demanda de igual forma.

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

**Hace poco se publicó una guía de análisis de parámetros de CPTu, en el que se presentan varios tipos de correlaciones y para qué tipos de suelos se pueden aplicar, y qué tipos de suelos se han eliminado dentro de estas correlaciones. Se hace un llamado de atención al uso pertinente y racional de correlaciones en los estudios geotécnicos, un tema que ha sido muy criticado en el uso del CPT y que también se presenta con el análisis del CPTu, en algunas ocasiones se suele limitar a subir todos los datos a un programa y esperar a que el programa lo haga automáticamente.**

Como mínimo, el ingeniero tiene que tener dos formas de analizar el suelo, para tener dos conceptos, cada análisis tiene sus distintas limitaciones, por lo que lo mejor es combinar técnicas: conos, geofísica, piezómetros y/o dilatómetros. Es importante para no dejar en riesgo el proyecto por ignorar las limitaciones de los métodos usados.

Además, es importante resaltar la responsabilidad que tienen los profesionales del área de tener en cuenta el error propagado por los múltiples factores e inconvenientes a la hora de tomar cualquier análisis de suelo por parte de los técnicos de perforación. El ingeniero tiene que velar por la correcta capacitación de los técnicos encargados de cada análisis, en ellos recae la responsabilidad de la calidad de los estudios elaborados, y por más que se realicen modelos de elementos finitos, si los datos están mal tomados, no hay información veraz que interpretar.

**El SENA podría impartir las capacitaciones técnicas de perforación en el país, para aprovechar el alcance nacional de la institución, unificando metodologías de cada análisis y técnica, propiciando que la geotecnia sea más tecnificada y competente frente a otros países.**

# IV CURSO INTERNACIONAL DE EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO (IV-CIECMS 2023)

La SCG creó el ICEIG (Instituto Colombiano de Ensayos e Investigaciones Geotécnicas) para que trabaje de la mano con las universidades y con entidades privadas para promover la investigación geotécnica. También para poder dar soporte a la norma en algún estudio que se necesite.

Las técnicas de mejoramiento de suelo no se pueden desligar de la caracterización del perfil de suelo. Es optimista, pero hay un avance en la industria del país, ya hay una línea base en cuanto al factor de seguridad contra licuación y en cuanto al asentamiento inducido por licuación. La norma debería ser hecha a medida con los retos geotécnicos que presenta el país, no de la adaptación de normas de otros países que fueron construidas con sus propias problemáticas y retos.

Se hace la invitación a la comunidad geotécnica a no perder la pasión y voluntad de hacer las cosas mejor cada día. Se da por terminado el panel de discusión y se da el cierre del curso con la clausura.