

NORMA TÉCNICA DE GEOTECNIA

NDC-SE-GE-001

**REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN
DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**



Código	NDC-SE-GE-001
Estado	VIGENTE
Versión	1.0 – 29/09/2011
Fuente	GUENA-EMCALI EICE ESP- DISEÑO - CONSTRUCCIÓN
Tipo de Documento	NORMA TÉCNICA DE SERVICIO
Tema	GEOTECNIA
Comité	TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Título	REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS
---------------	--

ÍNDICE

	Pág.
1.0 PROLOGO	4
2.0 OBJETO	5
3.0 ALCANCE	5
4.0 DEFINICIONES	5
5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS	8
6.0 REQUISITOS	9
6.1 REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES	9
6.1.1 Generalidades	9
6.1.2 Información preliminar	10
6.1.3 Localización del proyecto	10
6.1.4 Geología y geomorfología	10
6.1.5 Exploraciones de campo	10
6.1.6 Ensayos de laboratorio	15
6.1.7 Parámetros geotécnicos	19
6.1.8 Análisis y diseños geotécnicos	20
6.1.9 Instrumentación	23
6.1.10 Presentación del estudio a EMCALI EICE ESP	23
6.2 REQUISITOS DE PERSONAL	26
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1.0 PROLOGO

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

2.0 OBJETO

Definir los requisitos para la presentación de los informes correspondientes a estudios geotécnicos para el diseño, construcción y operación de las diferentes obras a contratar por EMCALI EICE ESP o sujetas a su aprobación.

3.0 ALCANCE

Esta norma incluye los criterios y aspectos mínimos a considerar en los estudios geotécnicos para estructuras hidráulicas, obras puntuales, especiales, acueducto, redes de alcantarillado y canales a excepción de las redes cuya profundidad máxima de excavación sea inferior a 1.5 m y las conexiones domiciliarias de alcantarillado.

4.0 DEFINICIONES

4.1. APIQUE

Excavación que se realiza generalmente con herramientas manuales (de manera ocasional con equipo mecánico como retroexcavadora), de sección variable, alrededor de un metro y medio de lado suficiente para que el personal pueda trabajar tanto en la excavación en sí como en la toma de muestras y realización de ensayos de campo. Su profundidad depende del propósito y necesidades o de las condiciones del suelo que se encuentre en el sitio.

Los apiques dependiendo de la profundidad y del tipo de suelo a excavar podrán o no tener entibado. En general para apiques mayores a 2.5 m se deberá usar un tipo de soporte temporal.

4.2. ESTRATIGRAFÍA

Es la representación de la secuencia en la que se encuentran los diferentes estratos o capas del subsuelo, con sus propiedades físicas y mecánicas y eventualmente químicas (SPT, Compresión Inconfinada, etc.).

4.3. EXPLORACIÓN DE TIPO DIRECTO

Aquella en la que se tiene acceso propiamente al subsuelo y de la cual es factible la extracción de muestras. Puede ser apique, trinchera o perforación (manual o mecánica).

4.4. EXPLORACIONES INDIRECTAS. GEOFISICA.

Estudios en donde se emplean técnicas de exploración indirecta, mediante las cuales se generan ondas o corrientes eléctricas, cuya velocidad propagación o intensidad es medida con equipos sensores, que al transmitirse a través de las diferentes capas de suelos, determinan las propiedades físicas y elásticas de este. Existe una variedad de estudios geofísicos aplicables a la exploración superficial de las capas del subsuelo; las más empleadas son la refracción sísmica y resistividad eléctrica.

4.5. MUESTRAS DE SUELOS.

Corresponden a porciones de suelos tomadas a partir de exploraciones directas del subsuelo (perforaciones, apiques, trincheras, etc.), de un tramo específico y determinado, al cual se le realizan ensayos de laboratorio para la identificación y caracterización de sus propiedades química, físicas, mecánicas y eventualmente bacteriológicas. La muestras pueden clasificarse como alteradas y no

alteradas. Las primeras corresponden a aquellas que durante el proceso de toma, han sufrido alteración o perturbación en sus distintos parámetros, disgregando las partículas que lo conforman; por el contrario, las muestras no alteradas, son tomadas mediante el empleo de moldes que conservan sus propiedades sin sufrir alteraciones sustanciales en el proceso de recolección.

4.6. NIVEL FREÁTICO

Profundidad a la cual se encuentra agua en el subsuelo. Pueden encontrarse varios niveles dependiendo de la permeabilidad y la secuencia de los estratos.

4.7. OBRAS ESPECIALES

Obras de envergadura como túneles, embalses, presas, almenaras, ataguías, estaciones de bombeo, anclajes y soportes para los que se especifican control de deformaciones, excavaciones profundas, procesos constructivos especiales, condiciones de trabajo no convencionales, etc.

4.8. OBRAS PUNTUALES

Obras tipo edificación como, casas, edificios, sedes, etc., contempladas en la “NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sísmo resistente” vigente a la fecha.

4.9. PERFIL DE SUELOS

Representación gráfica y descriptiva de la información resultante de la exploración del subsuelo. Se consignan la descripción y el espesor de cada estrato detectado, niveles freáticos, los resultados de los ensayos de campo y laboratorio y demás elementos relevantes. Los estratos se describen con base en su material, color, olor, humedad, plasticidad, consistencia, contenido de minerales y su grado de alteración, vegetación, etc.

4.10. PERFORACIÓN

Hueco exploratorio en el subsuelo, de sección circular, de diámetro variable, que puede ser hecho con herramientas manuales o herramientas accionadas mecánicamente. Estas últimas pueden ser a percusión (material cohesivo) o a rotación (suelos granulares, macizos rocosos).

4.11. PERFORACIÓN CON BARRENO MANUAL

Método de perforación realizado con herramienta manual por lo cual le son inherentes limitaciones en cuanto a dureza del material perforado y/o profundidad alcanzada. Solo obtiene muestras alteradas.

4.12. PERFORACIÓN CON PERCUSIÓN Y LAVADO

Método de exploración directa del subsuelo, que se realiza con equipo mecánico mediante el lavado con inyección de agua en conjunto con percusión. (Se puede obtener el SPT). Se usa usualmente en arenas.

4.13. PERFORACIÓN CON TALADRO

Método de exploración directa del subsuelo, que se realiza con equipo mecánico mediante rotación con elementos tales como brocas y triconos o piñas; adicionalmente se puede aplicar el sistema de percusión y lavado. Se usa usualmente en gravas gruesas, cantos o roca. Se pueden obtener muestras no alteradas de macizos rocosos, mediante la recuperación de núcleos.

4.14. RELLENOS ANTRÓPICOS

Materiales térreos, pétreos o artificiales, depositados o acumulados por acción humana, que presentan diferentes combinaciones de fracción fina — fracción gruesa. También pueden presentar desechos de construcción, de material orgánico, o de limos orgánicos. Estos pueden ser o no dispuestos técnicamente.

4.15. SONDEO Y PERFORACIÓN

Exploración de campo directa (penetración estándar, penetración con cono, corte torsional con veleta, etc.) o indirecta (sondeos geoeléctricos o refracción sísmica), realizada para establecer algunas propiedades del subsuelo por medio de medición de la resistencia del subsuelo a la acción de la sonda (penetración, torsión, propagación de corriente eléctrica, ondas sísmicas, etc.).

Las perforaciones para exploración geotécnica se pueden llevar a cabo manualmente (barrenos) o mecánicamente (a percusión y lavado o rotación).

4.16. SPT

Ensayo de Penetración estándar

4.17. SUELOS MIXTOS

Combinación de suelos transportados de diversos orígenes.

4.18. TRAMO

Para redes de alcantarillado se define como el sector comprendido entre dos estructuras de conexión. En todos los casos, un tramo no puede ser mayor de 150 m.

4.19. TRINCHERA

Excavación superficial (< 3m) y alargada con ancho menor a 1 m, llevada a cabo en la exploración del subsuelo con el fin de conocer en detalle las capas más superficiales en sitios de afloramientos rocosos, en taludes, en cañadas, escarpes, cortes realizados en vías o en zonas donde se presentan grietas o discontinuidades geológicas (fallas). Este tipo de exploración complementa los estudios superficiales de campo y tiene como propósito identificar el perfil de suelos y la caracterización de estos, mediante toma de muestras alteradas e inalteradas por remoldeo.

Las trincheras podrán tener un sistema de soporte temporal, especialmente en zonas de suelos blandos, rellenos o arenas sueltas, así como en áreas con alto grado de saturación de suelos o con presencia de aguas de escorrentía importantes que amenacen la estabilidad de los taludes de estas.

4.20. USCS

Sigla (en inglés) del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

5.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

- Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings. Philadelphia: ASTM. (ASTM D 1194)

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO (Actual Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial)

- Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -(RAS-2000).
- Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -(RAS-2000). Título G.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.

- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá: AIS, 2010. (NSR-10).

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS) – DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE (DAGMA).

- Estudio de Microzonificación Sísmica de Santiago de Cali EMZSC. Bogotá, 2005.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.

- Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 4630)
- Suelos. Ensayo para determinar el contenido de humedad. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1495)
- Suelos. Determinación de la resistencia a la compresión triaxial no consolidada no drenada en suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2041)
- Suelos. Método de ensayo para determinar el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas y drenadas. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1917)
- Suelos. Ensayo para determinar la granulometría por tamizado. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1522)
- Suelos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfiada de suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1527)
- Suelos. Método de ensayo para determinar las propiedades de consolidación unidimensional de los suelos. Bogotá: ICONTEC. (NTC 1967)

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS INVIAS.

- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras

EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI –EMCALI EICE ESP.

- Acodalamiento o entibado y tablestacado. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-009)
- Aspectos técnicos para diseño y construcción de obras de protección de taludes- EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-002)
- Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-GE-004)
- Criterios para planes de manejo ambiental. EMCALI EICE ESP (NPL-SE-AA-023).
- Directrices para la ejecución de levantamientos topográficos. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-015)
- Excavaciones. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-006).
- Identificación de restricciones y cruces durante la construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-042).
- Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-010)
- Rellenos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-012).
- Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-016).

6.0 REQUISITOS

Esta norma presenta los aspectos mínimos a considerar en los estudios geotécnicos para estructuras hidráulicas, obras puntuales, especiales, acueducto (redes matrices con diámetro mayor a 12 pulg y redes secundarias con diámetro menor o igual a 12 pulg), redes de alcantarillado y canales, obras que definen los alcances geotécnicos específicos.

6.1 REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES**6.1.1 Generalidades**

Todos los trabajos y ensayos citados en la presente norma deberán caracterizar geotécnicamente el subsuelo y establecer las condiciones reinantes en el área del proyecto que permitan al Consultor establecer el método de excavación más adecuado, evaluar la estabilidad de taludes, determinar el tipo de estructuras de contención mas conveniente en las zanjas (tipo de entibado), seleccionar los rellenos y determinar las capacidades portantes de los suelos y su relación con la presión de expansión solicitada. También establecer la solución de cimentación de tubería y estructuras que garantice la estabilidad de todos los componentes del proyecto y los demás requerimientos necesarios para adelantar los diseños. Por último proporcionar las recomendaciones para la etapa de construcción y operación de las obras.

Las redes de acueducto cuya profundidad máxima de excavación sea inferior a 1.5 m y las conexiones domiciliarias de alcantarillado no requieren estudio geotécnico. La exploración y el muestreo para las obras puntuales se rigen por la “NSR-10 Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente”. (Sólo se realizará la exploración y el muestreo si lo recomienda el estudio geotécnico)

La presente norma plantea algunos requisitos mínimos para las obras especiales, pero EMCALI EICE ESP podrá definir requisitos adicionales y/o específicos para cualquiera de sus proyectos.

6.1.2 Información preliminar

Deberá consultarse en la oficina de documentación de EMCALI EICE ESP, Planeación Municipal, DAGMA, CVC y el Observatorio Sismológico de Occidente, INGEOMINAS, IGAC, entre otros, la información existente relacionada con el proyecto en cuanto a topografía, geología, geotecnia, hidrología, hidráulica y estructuras, y la que técnicamente se considere en beneficio del proyecto. También deberá considerarse la información producto de la investigación de interferencias, entregada de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-042 Identificación de restricciones y cruces durante la construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado”, así como los elementos involucrados en el entorno del estudio geotécnico, tales como vegetación, uso de la tierra y todo lo que se considere apropiado para adquirir un conocimiento global del proyecto.

Igualmente recopilar y analizar la información con injerencia sobre el proyecto, como construcciones vecinas, tuberías preexistentes, suelos problemáticos, zonas inestables o potencialmente inestables, accesibilidad al sitio, interferencias, presencia de terraplenes o canales, etc.

6.1.3 Localización del proyecto

Debe definirse la ubicación geográfica del proyecto en todos los casos, georreferenciada a las coordenadas del IGAC y CMT y por nomenclatura urbana, cuando de ella se disponga. La topografía debe ser realizada de acuerdo con la norma de EMCALI EICE ESP “NDI-SE-AA-015 Directrices para la ejecución de levantamientos topográficos”.

También se debe incluir un plano (E 1:20.000) de la ciudad, donde se muestre la zona del proyecto y sus áreas de influencia. El área del proyecto se identificará con un círculo.

6.1.4 Geología y geomorfología

Cuando las obras los requieran o a juicio de EMCALI EICE ESP, se deben presentar los estudios geológicos y geomorfológicos, los cuales deben incluir aspectos tales como fotointerpretación, reconocimiento de campo, levantamiento geológico estructural, litología, exploraciones geofísicas, secciones geológicas, interpretación morfodinámica, mapas geológico y geomorfológico, entre otros. El estudio geológico hará énfasis en la identificación y caracterización de las Unidades Geotécnicas presentes y su relación con el proyecto a ejecutar. Debe incluir además, la identificación y valoración de las diferentes amenazas de origen natural que puedan generar un riesgo para el proyecto.

La caracterización geológica y morfológica se hace necesaria en aquellos sitios de montaña o piedemonte donde se presentan macizos rocosos, depósitos coluviales, aluviales, flujos de escombros, abanicos aluviales, evidencia de antiguas minas, etc. En obras importantes (canales colectores, etc) se hace necesario la fotointerpretación en la Llanura aluvial del Río Cauca, a partir de la cual se identificarán paleo-cauces y la ubicación de antiguos cuerpos de aguas que puedan representar una amenaza para la estabilidad de la obra proyectada.

6.1.5 Exploraciones de campo

6.1.5.1 Estándares para la Exploración en Campo

Las normas de ensayo que deben seguirse para la ejecución de las exploraciones, ensayos de campo y muestreo se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas para la ejecución de exploraciones y ensayos de campo

NOMBRE	NORMA
Perforación con brocas de diamante para investigación en el sitio	"INVE-108"
Penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-1 11"

Se deberá tener especial cuidado con la estabilidad de las paredes de apiques y trincheras, y si es el caso, usar un sistema de soporte temporal. También se debe establecer el sistema de evacuación de aguas y se debe garantizar la seguridad en la excavación y sus zonas aledañas. En zonas con presencia de arenas finas saturadas se deberá tener especial cuidado en el bombeo, ya que se pueden inducir fenómenos de asentamiento en zonas adyacentes a la excavación.

Durante el proceso de perforación se deberán tomar todas las precauciones del caso, para asegurar que los huecos no se tapen o se obstruyan, mediante la implementación de algún tipo de revestimiento metálico o el uso de lodos de perforación. Si cualquier hueco se tapa o se obstruye por cualquier motivo durante la ejecución de la perforación, se deberá limpiar o si es el caso, reperfurar por cuenta del responsable de la investigación y a satisfacción de EMCALI EICE ESP.

Los extremos superiores de todos los sondeos y perforaciones deben protegerse y referenciarse debidamente.

Una vez ejecutada la perforación, tomadas las muestras y medido el nivel freático en caso de que lo haya, se deberá tapar el hueco con el material excavado, instalando en su parte superior un tapón hecho con suelo compactado.

EMCALI EICE ESP, podrá exigir al ejecutante de las exploraciones, la implementación y uso de los elementos de seguridad industrial y salud ocupacional que para este tipo labores exige la normatividad legal vigente, de tal manera se proteja la integridad de las personas encargadas de dichos trabajos. El incumplimiento de estas normas por parte del ejecutor podrá acarrear la imposición de sanciones por parte de EMCALI EICE ESP.

6.1.5.2 Cantidad Mínima de Exploraciones en Campo

Toda obra proyectada deberá tener las perforaciones suficientes en número y profundidad para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales, a juicio del ingeniero geotecnista, se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc). En cualquier caso, el número de perforaciones exploratorias no puede ser inferior a dos. Estos pueden ser de tipo directo, tales como barrenos manuales o perforación con equipo mecánico.

La exploración mínima por tipo de obra se consigna en la Tabla 2. Sin embargo, cabe anotar que el número final de perforaciones podrá ser mayor y deberá obedecer a la necesidad de tener una buena caracterización que permita establecer las conclusiones y recomendaciones confiables. Por otro lado, la profundidad final de la exploración deberá ser establecida con base en el tipo de cimentación probable y al bulbo de presiones inducido por la misma en el suelo.

Tabla 2. Exploración del subsuelo

OBRA	Cantidad mínima ^a	Profundidad mínima ^d
Estructuras Convencionales	NSR-10	NSR-10
Estructuras Hidráulicas	1 c/20m ²	NSR-10
Redes Matrices Acueducto	1 c/200m ^b	1.5 veces la prof. máx. de excavación
Redes secundarias Acueducto	1 c/250m ^b	1.5 veces la prof. máx. de excavación
Canales	3 c/300m ^c	2.0 veces la prof. máx. de excavación

*Para sistemas de alcantarillados se deberán aplicar lo indicado en el Capítulo G.2.3 (Investigaciones del suelo), los numerales G.2.3.2.3 y G.2.3.2.4 y lo consignado en las tablas G.2.1 y G.2.2 del RAS-2000 "Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico".

NOTAS:

^a Como mínimo 2 sondeos de tipo directo

^b O cada cambio morfológico, litológico o estructural de relevancia

^c Los sondeos deben distribuirse en las dos márgenes y el eje del canal

^d Como mínimo 1.5m de profundidad

Las profundidades anteriormente indicadas, sirven de guía, dependiendo la profundidad final de la exploración, de las condiciones geológicas-geotécnicas del área y del tipo de estructura a diseñar y construir.

6.1.5.3 Proyectos Areales

En zonas de rellenos compresibles antrópicos, la cantidad de perforaciones podrá ser mayor con el fin de zonificar y caracterizar los mismos.

Para el caso de la evaluación de zonas inestables o potencialmente inestables, el número de exploraciones a ejecutar dependerá del tamaño estimado de la zona afectada, pero no inferior a dos (2) sondeos con equipo mecánico; la determinación de si es a rotación o percusión, dependerá de las características de las diferentes capas del subsuelo. La profundidad a la que se deben llevar las exploraciones, deberá ser como mínimo de 5.0 m por debajo de los planos de fallas estimados y reconocidos por el Especialista.

6.1.5.4 Localización y Distribución de la Exploración

La ubicación y distribución de los sondeos dependerá de la geomorfología del sitio, de las condiciones geológicas del sector, del tipo de suelo predominante en la zona y de las características de las obras y de los sitios de aplicación de cargas. Los sondeos deben coincidir con puntos especiales de interés y deben distribuirse espacialmente de tal forma que se cubra toda el área por estudiar.

En el caso de estudios geotécnicos para diseño y construcción de redes de acueducto, alcantarillado y canales, los sondeos se deben alinear con la obra y no deben distar de ella, lateralmente, más de 10 metros o tanto que los accidentes morfológicos o condiciones similares sugieran importantes cambios en el subsuelo.

Para proyectos de tipo areal, las exploraciones realizadas deben cubrir la totalidad de la cimentación de la obra, ejecutándose como mínimo 3 exploraciones profundas (perforaciones) y dos (2) exploraciones superficiales (apiques, trincheras).

En todos los casos, la localización de la exploración debe quedar claramente establecida con base en sus coordenadas (IGAC) norte y este y su cota. De ser posible, se deberá denominar con la nomenclatura urbana. Por último cada perforación o sondeo deberá tener una cota en superficie.

6.1.5.5 Profundidad de la Exploración

Toda exploración debe alcanzar la profundidad suficiente para definir las características y propiedades del subsuelo a partir de las cuales se puedan realizar los análisis geotécnicos a que haya lugar (asentamientos, capacidad portante, empujes, estabilidad de los taludes de las excavaciones y del fondo de la excavación, etc.). En cualquier caso, la profundidad de las exploraciones no puede ser inferior a 1.5m. Adicionalmente, EMCALI EICE ESP podrá exigir hasta 2 metros o una mayor profundidad cuando lo considere necesario.

La profundidad mínima de exploración por tipo de proyecto se muestra en la Tabla 2. En zonas con afloramientos rocosos, las exploraciones de campo pueden realizarse a profundidades menores, las cuales deben justificarse plenamente y ser suficientes para determinar los parámetros necesarios del numeral 6.1.7 y realizar los análisis del estudio geotécnico señalados en el numeral 6.1.8. Sin embargo se deberá tener un concepto desde el punto de vista geológico ya que la presencia de discontinuidades en la roca podrían generar inestabilidades. El ensayo de Refracción Sísmica es útil en el caso de presencia de roca y se podrá utilizar en el caso de que no se pueda ejecutar la exploración directa. Para las redes de alcantarillado se aplicará lo indicado en el numeral G.2.3.2.4 del RAS-2000.

6.1.5.6 Registro de Campo

Durante las exploraciones, debe consignarse cuidadosamente la información resultante de ella en función de la profundidad. El formato a utilizar puede ser elegido libremente por el ejecutor del proyecto, no obstante, como mínimo, el registro debe contener: Información básica del proyecto (nombre, ejecutor, fecha, etc.); información básica de la exploración (tipo de exploración, nombre, localización por coordenadas y cota, equipo utilizado, profundidad máxima alcanzada, etc.); espesor y descripción de los estratos con base en la "INVE-102"; tipo, nombre y longitud de las muestras, resultados de los ensayos de campo, niveles freáticos, presencia de roca, necesidad de revestimiento, tipo de avance, características especiales tales como cambios de color en el agua recuperada, sitios donde se perdió o recobró el agua de perforación, venas, grietas, suelo residual, roca blanda o fracturada, tamaño de los fragmentos, matriz y cualquier otra característica que pueda contribuir a la descripción de la perforación realizada, observaciones de campo y convenciones.

Cuando se detecte roca deben definirse su litología, dureza, meteorización, porcentaje de recobro, RQD, clase y grado de fracturamiento, descripción de las características de las discontinuidades y demás información útil. Adicionalmente si se trata de depósitos coluviales, aluviales o de ladera, se deberá establecer el tamaño de los bloques, % de matriz fina, y características de la misma, si es o no consolidada.

Durante la ejecución de las perforaciones y hasta la finalización de los trabajos de campo se debe medir, en cada perforación, con una frecuencia mínima de dos (2) veces por día, la posición del nivel freático (al inicio y finalización de la jornada). Se debe además consignar información sobre filtraciones y pérdidas de agua durante la perforación, niveles colgados, agua artesiana y existencia de gases u otros fluidos.

6.1.5.7 Ensayos de Campo

Los ensayos de campo deben realizarse de acuerdo con el tipo de material encontrado y pueden ser complemento de los de laboratorio. Cualquier ensayo debe llevarse a cabo con los estándares definidos en la normatividad vigente de acuerdo en el siguiente orden de prioridades:

- Normas NTC
- Normas INV

- Normas ASTM

Además, se deben realizar todos los demás ensayos que se consideren necesarios para complementar el análisis geotécnico y aquellos que sean indicados por EMCALI EICE ESP.

El ensayo con penetrómetro se aceptará como complementario si el Ingeniero Geotecnista lo considera viable mas no deberá sustituir el ensayo de compresión confinada o de corte directo (uu). Se aplican cuando EMCALI EICE ESP lo estime conveniente.

a) SPT y VST

En lo posible se deberá caracterizar el subsuelo llevando a cabo el ensayo de penetración estándar (SPT) sobre suelos granulares máximo cada 2 m y el ensayo de corte torsional con veleta sobre suelos finos saturados normalmente consolidados bajo el nivel freático. En el primer caso, SPT (“INV E-111”) debe registrarse el peso del martillo utilizado, el número de golpes para cada 6” o en su defecto, la cantidad de golpes con respecto a la penetración alcanzada. En cuanto al ensayo de veleta (“INV E-170”), se recomienda la obtención del índice de plasticidad simultáneamente para realizar la corrección respectiva.

Los valores de SPT en arenas deberán ser corregidos por profundidad y posición del nivel freático. El informe deberá indicar el valor por corrección de campo empleado.

b) Ensayo de placa de carga

El ensayo se debe ejecutar para diseño de redes matrices de acueducto y alcantarillado, cuando el ingeniero geotecnista así lo defina o cuando EMCALI EICE ESP lo estime conveniente. El ensayo debe realizarse de acuerdo con las indicaciones de la Norma “ASTM D1194 Standard test method for bearing capacity of soil for static load and spread footings”.

c) Ensayos de permeabilidad

Tipo LeFranc, con cabeza variable para suelos y tipo Lugeón para macizos rocosos.

d) Otros ensayos

Con el fin de caracterizar espesores de depósitos de suelo o roca, se podrán llevar a cabo ensayos de resistividad o de refracción sísmica. Esta información se usaría como complemento de la exploración directa. A menos que EMCALI EICE ESP lo determine, en ningún caso estos ensayos sustituirán la exploración directa para establecer el perfil de suelo. En su lugar se utilizarán como complemento.

6.1.5.8 Muestreo

a) Tipo

Si la consistencia del suelo lo permite, deberán obtenerse muestras inalteradas tipo shelby, bloque, núcleo u otro, para posterior caracterización geomecánica; en caso contrario, debe procurarse su caracterización in situ directamente a través del ensayo de penetración estándar (SPT) o del ensayo de corte torsional con veleta, siempre y cuando este último se lleve a cabo en condiciones saturadas. En casos especiales podrán tomarse muestras inalteradas mediante el moldeo de estas a partir de excavaciones manuales, conformando cubos con dimensiones que se adecúen a las del laboratorio en donde se realizará el ensayo. Las muestras deberán protegerse, con papel parafinado, papel aluminio, parafina y encapsulados en material protector resistente tipo madera.

Adicionalmente, pueden extraerse muestras alteradas almacenadas en bolsa con fines de clasificación u otros. En la Tabla 3 se citan las normas que rigen la obtención de muestras.

Tabla 3. Normas para muestreo

NOMBRE	ENSAYO
Obtención de muestras para probetas de ensayo mediante tubos de pared delgada	"INVE-105"
Muestreo de suelos mediante tubo con camisa interior de anillos	"INVE-1 09"
Muestreo de suelos mediante barrenos con vástago hueco	"INVE-1 10"
Ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido de suelos	"INVE-1 11"
Toma de muestras superficiales de suelo inalterado	"INVE-1 12"

El número de muestras para ensayos por perforación no deberá ser inferior a aquel obtenido de dividir la totalidad de los metros de perforación entre 3; las muestras deberán tomarse con el propósito de caracterizar los diferentes estratos.

b) Cantidad

Deben obtenerse y ensayarse muestras representativas de suelo o roca, como mínimo las necesarias para realizar los ensayos relacionados en la Tabla 4 con las frecuencias mínimas establecidas.

El muestreo para ensayos de laboratorio deberá cubrir todos los sondeos con el fin de obtener un rango de parámetros geotécnicos de los diferentes estratos encontrados, y de esta forma sectorizar o sacar valores promedio de los mismos.

c) Conservación y Transporte

Las muestras extraídas deben conservarse y transportarse según sus características de acuerdo con la "INVE-1 03".

6.1.6 Ensayos de laboratorio

Se deben realizar los ensayos necesarios para determinar los parámetros medios de resistencia, deformabilidad, rigidez, permeabilidad y densidad, de los estratos de interés para el estudio, de tal forma que los diseños en la longitud total presenten adecuados márgenes de seguridad. Cuando el suelo presente características de expansión, colapsibilidad, o erosión, se debe caracterizar según dichos tópicos específicamente.

Los ensayos deben practicarse de acuerdo con la normatividad citada en la Tabla 4.

Tabla 4. Ensayos de laboratorio

Tipo de propiedad	Ensayo	Norma	Observaciones
Propiedades físicas e índice	Contenido de humedad natural	NTC 1495 Suelo. Ensayo para determinar el contenido de humedad"	
	Granulometría	NTC 1522 Suelos. Ensayo para determinar por granulometría por tamizado	En suelos finos se debe ejecutar lavado sobre tamiz 0.075 mm (N° 200); en caso de que la fracción retenida sea mayor del 60%, se completará el análisis granulométrico. En materiales granulares se realizará el análisis granulométrico completo

EMCALI EICE ESP– REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

NDC-SE-GE-001

Tipo de propiedad	Ensayo	Norma	Observaciones
	Limites de consistencia	NTC 4630 Método de ensayo para la determinación del limite del liquido, del limite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos	Solo para suelos finos o con fracción fina
	Peso unitario		Suelos finos, muestras tomadas con tubo shelby. Suelos granulares: ensayo de densidad en campo con cono de arena.
Propiedades químicas*	pH	INV E- 131: pH de los Suelos.	Ensayos para redes de tubería en concreto. Las muestras para estos ensayos deben tomarse a distancias máximas de 500m y a la profundidad proyectada del eje horizontal de la tubería.
	Materia orgánica	INVE 121 Determinación del Contenido Orgánico en Suelos mediante Perdida por Ignición”	Se especifica tanto para limos orgánicos como turbas.
Resistencia	Comprensión inconfiada	NTC 1527 Suelos. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfiada de suelos cohesivos	Se especifica únicamente para los suelos finos saturados normalmente consolidados. Debe realizarse el ensayo particularmente en el material de fundación
	Corte directo	NTC 1917 Suelos. Método de ensayo para la determinar el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas y drenadas”	Este ensayo debe hacerse cuando se requieran parámetros efectivos en los análisis o cuando las condiciones del problema puedan ser representadas por el ensayo o cuando EMCALI EICE ESP así lo especifique.
	Triaxial	NTC 2041 Suelos. Determinación de la resistencia a la compresión triaxial no consolidada no drenada en los suelos cohesivos	Este ensayo debe hacerse cuando se requieran parámetros efectivos en los análisis o cuando las condiciones del problema puedan ser representadas por el ensayo o cuando EMCALI EICE ESP así lo especifique.
Deformabilidad	Consolidación	NTC 1967 Suelos. Método de ensayo para determinar las propiedades e consolidación unidimensional de los suelos	Se especifica para los suelos finos saturados
	Expansión	INV-I 32. Determinación de suelos expansivos”	Se deben ejecutar ensayos sobre muestras obtenidas por debajo del nivel previsto de cimentación y por encima del nivel freático cuando el material sea potencialmente expansivo

Notas:

* Determinación de otras propiedades químicas del suelo tales como el contenido de sulfatos, cloruros, acidez o alcalinidad, podrán ser solicitadas por EMCALI EICE ESP. Para la determinación de dichos parámetros deben utilizarse los métodos del Departamento de Transporte del Estado de California (1978). Determinación de la acidez o de la alcalinidad total.

* El análisis químico de las muestras del suelo debe hacer énfasis sobre el contenido de sales.

El Ingeniero Geotecnista podrá utilizar otro ensayo, en el caso de que sea necesaria su implementación.

Con el fin de obtener un perfil del subsuelo representativo, las muestras deben ser caracterizadas físicamente según la clasificación visual resultante de las actividades de campo (“INV-E102”), atendiendo como mínimo lo especificado en la Tabla 5.

Tabla 5. Frecuencia mínima de los ensayos de clasificación

Ensayo	Humedad natural ^b			Límites de consistencia ^b			Peso unitario o peso específico de sólidos ^b		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Tipo de Suelo ^a OBRA									
Obras puntuales	c/1.5m	c/ 1.5m	c/ 1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Obras especiales	c/ 1.5m	c/1 .5m	c/ .5m	c/2.0m	c/2.0m	-	c/2.5m	-	c/5m
Estructuras hidráulicas	c/1.5m	c/1.5m	c/1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Redes matrices y alcantarillado	c/1.5m	c/ .5m	c/ .5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m
Redes secundarias	d/2m	c/2m	c/2m	c/3m	c/3m	-	c/3.5m	-	c/8m
Canales	c/1.5m	c/1.5m	c/1.5m	c/2.5m	c/2.5m	-	c/3m	-	c/6m

Ensayo	Lavado sobre tamiz 200			Granulometría por tamizado ^b		
	A	B	C	A	B	C
Tipo de Suelo ^a OBRA						
Obras puntuales	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Obras especiales	-	c/2.0m	-	-	-	c/2.5m
Estructuras hidráulicas	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Redes matrices y alcantarillado	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m
Redes secundarias	-	c/3m	-	-	-	c/3m
Canales	-	c/2.5m	-	-	-	c/2.5m

Notas:

^a Tipo de suelo

A: Finos

B: Mixtos

C: Granulares

^b Mínimo un ensayo por perforación: Las frecuencias se refieren a metros de perforación, c/2.5m = cada 2.5 metros

Para obtener un perfil del subsuelo bien caracterizado desde el punto de vista resistencia y compresibilidad en la etapa de diseño, las muestras deben ser ensayadas mecánicamente según la clasificación visual resultante de las actividades de campo ("INV-E1 02), atendiendo como mínimo lo especificado en la Tabla 6.

Tabla 6. Frecuencia mínima de los ensayos de resistencia y deformabilidad

Ensayo ^b OBRA	R _{pi}			q _u			C _c		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.5m 1/estrato	1/estrato Ver nota d	-	1 c/100m ²	-	-
Obras especiales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.0m 1/estrato	1/estrato Ver nota d	-	1 c/50m ²	-	-
Estructuras hidráulicas	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/2.5m 1/estrato	1/estrato Ver notad	-	Ver nota g	-	-
Redes matrices y alcantarillado	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/3.0m 1/estrato 1 c/100 m de red Ver nota i	1/estrato Ver nota d	-	1 c/300m de red Ver nota g	-	-
Canales	1/muestra	1/muestra Ver nota d	-	1 c/3.5m 1/estrato 1 c/150 m de red Ver nota i	1/estrato Ver notad	-	1 c/400m de red Ver nota g	-	-

EMCALI EICE ESP- REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

NDC-SE-GE-001

Ensayo ^b OBRA	Exp ^c			CD			S	PT o CPT	
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Obras puntuales	1 c/100m ²	-	-	2 Ver nota e	2 Ver nota e	2 Ver nota e	1 c/1.5m Ver nota j	1 c/1.5m	1 c/1.5m
Obras especiales	1 c/50m ²	-	-	Ver notas e y f			1c0m Ver nota j	1c/1.0m	1c/1.0m
Estructuras hidráulicas	1.0	-	-	1.0	1.0	-	1 d/1.5m Ver nota j	1 d/1.5m	1 c/1.5m
Redes matrices y alcantarillado	1/sector geotécnico Ver nota h	-	-	1/cada 300m	1/cada 300m		1 c/2.0m Ver nota j	1 c/2.0m	1 c/2.0m
Redes secundarias	1/sector geotécnico Ver nota h		-	1.0	-	-	1 c/2.0m Ver nota j	1 c/2.0m	1 c/2.0m
Canales	1/sector geotécnico Ver nota h	-	-	1 c/300m 2/sector geotécnico Ver nota e			1 c/1.5m Ver nota j	1c/1 5m	1c/1 5m

Notas:

^a Tipo de suelo:

A: Finos

B: Mixtos

C: Granulares

^b Ensayo:

Rpi: Resistencia a la penetración inalterada

qu: Compresión inconfiada en muestras saturadas

Cc: Compresibilidad

Exp: Expansión controlada en consolidómetro

CD: Corte directo en laboratorio en suelos parcialmente saturados

SPT: Ensayo de penetración estándar

^c Sólo en presencia de suelos potencialmente expansivos

^d Si se pueden extraer muestras inalteradas

^e En condiciones de suelos parcialmente saturados dependiendo de las condiciones del sitio. Si la obra se encuentra en zonas de ladera con pendiente > 30° o si el Ingeniero Geotecnista lo considera necesario. Es de complejidad igual o mayor a II según la Tabla H.3-3 de la NSR-10.

^f La cantidad se establece a juicio del Ingeniero geotecnista o por consideraciones especiales, como mínimo 2

^g Si el suelo es compresible LL>70 e IP>40

^h Si el suelo es potencialmente expansivo LL>50, NSPT>25, %p200>70, IP>35

ⁱ En el nivel portante

^j En suelos finos duros donde no sea posible extraer muestra inalterada

* Las frecuencias se refieren a metros de perforación excepto si se indica algo diferente

Ensayos especiales como triaxiales pueden efectuarse en proyectos especiales o para proyectos que así lo requieran.

6.1.7 Parámetros geotécnicos

El ingeniero geotecnista debe establecer, previamente, los parámetros geomecánicos con los cuales se llevarán a cabo los análisis y diseños, que deben ser obtenidos para programar y ejecutar los ensayos de campo y la toma de muestras respectivos. Además, se deberá determinar todos los parámetros geotécnicos requeridos para cumplir con las exigencias de la presente norma (Ver Tabla 8).

6.1.7.1 En Suelos Finos

- Cu: Resistencia no drenada en suelos saturados normalmente consolidados, para capacidad portante, falla de fondo, profundidad crítica, presiones para estructuras de contención (condición no drenada).
- Cc, Cr, Cv, e0 y T': Índice de compresibilidad, índice de recompresión, coeficiente de consolidación, relación de vacíos inicial y esfuerzo de preconsolidación, respectivamente, para asentamientos por consolidación primaria (suelos compresibles).
- Eu: Módulo de elasticidad no drenado para asentamientos inmediatos.
- E': módulo de reacción de la subrasante (tuberías flexibles-deflexión). Puede obtenerse a partir del ensayo de compresión confinada, al 50% del esfuerzo máximo.
- c' y para análisis de capacidad portante y análisis de estabilidad de taludes, en suelos parcialmente saturados o condiciones CU o CD. Estos valores se obtendrán de ensayos de corte directo de laboratorio o triaxiales.

6.1.7.2 En Suelos Mixtos y Granulares

- c y para capacidad portante, estabilidad y presiones de estructuras de contención
- e y Gs para levantamiento de fondo
- E: módulo de elasticidad para asentamientos inmediatos o elásticos.
- E': módulo de reacción de la subrasante (tuberías flexibles —deflexión). Puede obtenerse a partir de correlaciones con el SPT o el CPT y las propiedades físicas (granulometría y límites de consistencia)

Los módulos de reacción del relleno circundante de la tubería (tuberías flexibles—deflexión) se pueden estimar con base en la Tabla 7.

Tabla 7. Módulos de reacción del relleno circundante de la tubería

Tipo de suelo utilizado para el relleno		Módulo de reacción del relleno E' [MPa]			
Descripción	Clasificación	Grado de compactación (Proctor)			
Sin compactar	Ligeramente compactado <85%	Moderadamente compactado 85%95%	Fuertemente compactado >95%		
Suelos Finos (LL > 50%) Plasticidad de media a alta	CH MH CH-MH	Suelos que requieren estudios y medidas específicas			
Suelos Finos (LL < 50%) Plasticidad nula a media con gravas o arenas <25%	CL ML ML-CL CL-CH ML-MH	0.4	1.4	3	7

EMCALI EICE ESP– REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

NDC-SE-GE-001

Tipo de suelo utilizado para el relleno		Módulo de reacción del relleno E' [MPa]			
Descripción	Clasificación	Grado de compactación (Proctor)			
Suelos Finos (LL < 50%) Plasticidad nula a media con gravas o arenas > 25%	CL ML ML-CL CL-CH ML-MH	0.7	3	7	14
Suelos granulares con finos > 12%	GM GC SM Sc				
Suelos granulares sin finos o con finos < 12%	GW GP SW SP	1.4	7	14	20
Roca triturada		7	20		

6.1.8 Análisis y diseños geotécnicos

En la Tabla 8 se relacionan los análisis geotécnicos por tipo de obra proyectada, los cuales se detallan en los numerales siguientes.

Tabla 8. Análisis Geotécnicos

OBRA Tipo de análisis	Obras puntuales	Obras especiales	Estructuras hidráulicas	Redes matrices y alcantarillado	Redes secundarias	Canales
Sectorización geotécnica	NO	NO	NO	SI	SI	SI
Perfil promedio de análisis	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Capacidad portante	SI	SI	Nota a	Nota a	Nota a	NO
Asentamientos	SI	SI	Nota a	Nota a	Nota a	NO
Licuaación	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b	Nota b
Expansividad	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c	Nota c
Estabilidad de excavaciones	Nota d	SI	Nota d	Nota e	Nota e	Nota
Diagramas de presiones	SI	Nota g	SI	Nota h	Nota h	SI
Estabilidad de laderas	Nota i	Nota i	Nota i	Nota i	Nota i	Nota i
Diseño de cimentaciones	SI	SI	SI	Nota j	Nota j	NO
Diseño de excavaciones	SI	SI	SI	Nota k	Nota k	SI
Recomendaciones manejo de agua	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Recomendaciones constructivas	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Notas:

^a Sólo si la carga aplicada es mayor que 1.25 veces los esfuerzos efectivos originales

^b Si el suelo es potencialmente licuable, esto es si N<6, si % finos menor a 20% y si se trata de arenas finas bajo el nivel freático

^c Si el suelo es potencialmente expansivo humedad natural al límite plástico

^d Si la profundidad de excavación es mayor que 1 .5m

^e Se deben analizar la falla de fondo y la profundidad crítica

^f Se deben efectuar análisis de falla local (taludes) y general o de fondo

^g Se deben presentar análisis de interacción suelo estructura y los diagramas de presiones derivados

^h Los diagramas deben ser para estructuras tipo entibado y tablestacado

ⁱ Si la obra se encuentra en zonas de ladera con pendiente > 30° o si el Ingeniero Geotecnista lo considera necesario o es de complejidad igual o mayor a II según la Tabla H.3-3 de la NSR-10.

^j Tener en cuenta la NS-035: Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado

^k Tener en cuenta la NS-072: Entibados y tablestacados

6.1.8.1 Evaluación de Solicitaciones

Se deberá llevar a cabo una descripción detallada de las posibles cargas y presentar una evaluación de cada una de las demás solicitudes a la que se verá sometida la obra objeto de estudio, de acuerdo con los requerimientos del proyecto. Para la evaluación de cargas en tuberías deben seguirse las indicaciones de la Norma de EMCALI EICE ESP “NDI-SE-AA-016 Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado”

6.1.8.2 Sectorización Geotécnica y Perfil Promedio

La síntesis de los trabajos de campo y laboratorio debe constituirse en un perfil promedio de análisis cuyas descripción y parámetros geomecánicos del numeral 6.1.7 deben estar claramente definidos y que debe presentarse gráficamente en escala legible. En caso de que aplique, el perfil debe establecerse por tramos y debe superponérsele el alineamiento de la tubería. El perfil debe incluir la posición de la tabla de agua y los principales parámetros geotécnicos establecidos para cada estrato (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

6.1.8.3 Capacidad Portante y Deformaciones

Se deben realizar análisis de capacidad portante y deformaciones, haciendo uso de los parámetros físicos y mecánicos del suelo (resistencia y compresibilidad) sintetizados en el perfil promedio. Se deben calcular los asentamientos potenciales totales y diferenciales de las cimentaciones tanto a largo como a corto plazo. En ambos casos se debe establecer una comparación con valores admisibles de deflexión de tuberías o de estructuras de otro tipo o con factores de seguridad los cuales también deben justificarse. La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico (Ver Tabla 8). Los parámetros deberán derivar de los resultados de ensayos de laboratorio convencionales (ensayos de clasificación, comprensión inconfiada, corte directo, consolidación, expansión en edómetro). Solo en casos especiales se aceptarán correlaciones para la obtención de dichos parámetros, las cuales podrá aceptar o no EMCALI EICE ESP.

6.1.8.4 Potencial de Licuación y Densificación

Debe presentarse, en caso de que aplique, el tipo de perfil del suelo para análisis sismo resistente con los parámetros para la evaluación de la interacción suelo-estructura. Se debe evaluar el potencial de licuación en presencia de suelos granulares finos y si la estructura es vulnerable, deben darse las recomendaciones para evitar que se colapse o experimente una deformación excesiva. (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

6.1.8.5 Expansividad

Se deberá evaluar el potencial de expansión en presencia de suelos finos duros (sobreconsolidados) parcialmente saturados en estado natural, y establecer su variación volumétrica bajo diferentes condiciones de carga y contenidos de humedad inicial. (Ver Tabla 8).

6.1.8.6 Estabilidad de Excavaciones, de Laderas y de Taludes

Se debe evaluar la estabilidad de las paredes de las excavaciones, los taludes permanentes y temporales o de las laderas, dependiendo de las condiciones de la obra: con y sin sismo, con y sin influencia del agua, a corto y largo plazo. Si se requiere, se deben diseñar los sistemas de protección y/o contención temporal o permanente necesarios para garantizar la estabilidad de las obras. Se deberán presentar los modelos geotécnicos respectivos, en donde se muestre los diferentes planos de falla evaluados, su análisis de factor de seguridad, las diferentes capas de suelos, sus propiedades, etc. Si los resultados resultan adversos en términos de estabilidad, deberán presentarse nuevos cálculos que incluyan la implementación de obras de protección, contención o mitigación. La evaluación del modelo debe incluir un análisis sin obra y con obra.

Para los muros de contención y entibados debe obtenerse el diagrama de presiones horizontales según el tipo de estructura teniendo en cuenta cargas laterales por suelo, agua, sismo, cargas externas, etc. El diseño debe cumplir los criterios establecidos en la NSR-98, título H y la "NDC-SE-AA-009 Acodalamiento o Entibado y tablestacado", respectivamente. (Ver Tabla 8) y la "NDC-SE-GE-002 Aspectos Técnicos para Diseño y Construcción de Obras de Protección de Taludes"

Para todos los taludes previstos en la obra, temporales y definitivos, producto de excavaciones o rellenos, deben establecerse, como mínimo, la inclinación y la altura que garanticen su estabilidad, al igual que bermas y demás detalles relevantes. También establecer en los taludes la capacidad de soportar sobre carga en la corona de los mismos.

Para obras que sean proyectadas a media ladera, deberá verificarse por medio de cálculos de estabilidad, la incidencia de las excavaciones y cortes en la estabilidad general de la ladera.

La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

Para todo efecto debe tenerse en cuenta la norma de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-GE-002 Aspectos técnicos para diseño y construcción de obras de protección de taludes".

6.1.8.7 Tipo y Profundidad de Cimentación

Se deben definir, describir y justificar el tipo de cimentación y su profundidad. En caso de que aplique, esta última debe estar ligada a las cotas y abscisado del proyecto.

Para redes deben tenerse en cuenta las indicaciones adicionales de la norma de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-AA-016 Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado" que incluye el conjunto de modelos de cimentación, según la condición de instalación (zanja, túnel, terraplén positivo, terraplén negativo y zanja inducida), aprobados por la Empresa.

6.1.8.8 Manejo de Aguas

Debe hacerse una evaluación de las aguas superficiales y subterráneas presentes en la zona del proyecto y dar recomendaciones sobre su manejo ya sea de manera temporal (durante la construcción) o de forma definitiva mediante la construcción de cunetas, zanjas, sistemas de subdrenaje, entre otros. Deben tenerse en cuenta las recomendaciones de la norma de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-GE-004 Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes".

El manejo de aguas freáticas, deberá estar condicionado a la estabilidad de construcciones vecinas, evitando que descensos en el nivel freático induzcan asentamientos en zonas adyacentes ya sea por consolidación o lavado de finos en el caso de arenas finas.

La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico.

6.1.8.9 Condiciones Especiales del Subsuelo

En caso que se detecten situaciones especiales del suelo de cimentación, tales como la presencia de suelos orgánicos, expansivos, colapsibles, erodables, susceptibles de licuación o contracción o cualquier otro estado o característica que afecte la obra, se debe indicar su ubicación y dar recomendaciones específicas sobre el tratamiento que debe recibir este suelo. (Ver tabla 8).

En caso de que las condiciones del subsuelo sean inadecuadas para la construcción de la estructura, se deben presentar las recomendaciones correspondientes y solicitar el cambio del sitio, del tipo de estructura, del tipo de material o cualquier otra que sea del caso. En este aspecto se debe tener especial cuidado con la determinación del pH y el contenido de sulfatos del suelo, con el fin de limitar el uso de tuberías cuyo material pueda ser afectado por las condiciones del suelo.

6.1.8.10 Recomendaciones Constructivas

Deben darse recomendaciones relacionadas con adecuación o preparación del terreno, etapas de construcción, movimientos de tierra, sistemas de excavación y su contención, colocación de los entibados, protección de taludes, métodos de control de calidad, tipo de relleno, equipos requeridos, sectorización por tipo de materiales a excavar, protección de redes de servicio público, etc. (Ver Tabla 8). La información debe quedar diligenciada en un formato de Resumen estudio geotécnico. Para la disposición de los desechos productos de la excavación, se deben seguir las condiciones establecidas en la Norma Técnica de EMCALI EICE ESP “NPL-SE-AA-023 Criterios para planes de manejo ambiental”.

6.1.9 Instrumentación

Cuando EMCALI EICE ESP lo considere necesario se debe realizar una evaluación, selección y diseño de un programa de instrumentación para monitoreo de las obras en sus etapas de construcción, diseño y operación.

6.1.10 Presentación del estudio a EMCALI EICE ESP

El estudio geotécnico debe ser presentado en forma impresa, legible y en medio magnético. El informe debe contener como mínimo la siguiente información:

6.1.10.1 Alcance

Deben definir el objetivo, actividades que contempla y ámbito de aplicación del estudio geotécnico.

Se deberán identificar aquellos aspectos geotécnicos que deberán ser estudiados y que básicamente se relacionan con la estabilidad de la obra durante la construcción, la estabilidad de la obra a mediano y largo plazo, y la estabilidad a corto y largo plazo de las estructuras existentes próximas al proyecto.

6.1.10.2 Localización

Debe incluirse la información indicada en el numeral 6.1.3 de esta norma anexando un plano general de localización del proyecto, referenciado en el texto, en escala 1:2000, en el que se incluyan aspectos como coordenadas, norte, este, convenciones, vías, los tramos de estudio u obras proyectadas, textos legibles, etc.

Adicionalmente se deberá presentar un plano escala 1:20.000 que muestre la ubicación de la zona del proyecto indicada con un círculo.

6.1.10.3 Descripción del Proyecto

Tanto las obras lineales como las puntuales se deben describir, desde el punto de vista geométrico, morfológico y estructural, indicando profundidad de cimentación y profundidad de excavación y, particularmente para las obras lineales, por tramos y en forma de tabla, la condición de instalación, abscisas, la longitud, el ancho y la profundidad de excavación, el tipo de proyecto, el tipo y material de tubería, etc. e indicar las solicitaciones estructurales de cada una de ellas, tales como cargas y esfuerzos o empujes a soportar, tanto los propios como los necesarios por operación.

También se deberán indicar todas aquellas estructuras situadas sobre el derecho de vía y que puedan afectar la obra ya sea transmitiendo esfuerzos o generando obstrucción durante la construcción.

6.1.10.4 Recopilación de Información

Debe incluirse la información indicada en el numeral 6.1.2 de la presente norma. En caso de que no se encuentre información, se debe dejar explícito.

6.1.10.5 Exploraciones de Campo

En este ítem deben presentarse y justificarse todos los aspectos reseñados en el numeral 6.1.5 de esta norma (cantidad, localización, profundidad, distribución, registro y ensayos de las exploraciones de campo y, programa de muestreo —tipo y número-). Cualquier modificación debe estar debidamente argumentada.

Debe anexarse un plano de localización de los puntos de la exploración del subsuelo, referenciado en el texto, en escala 1:2000, en el que se incluyan aspectos como coordenadas, norte, este, vías, textos legibles, sondeos, apiques, trincheras, barrenos, convenciones, etc. En el caso de obras lineales se deben señalar los tramos de estudio u obras proyectadas, convenciones específicas para las diferentes redes, etc. Si existen varios programas de exploración del subsuelo o si se hace referencia a exploraciones de información secundaria, deben establecerse diferentes convenciones.

Se deben anexar todos los registros de campo (perforaciones, barrenos, geofísica, apiques, etc) de acuerdo con lo consignado en el numeral 6.1.5.5 debidamente referenciados en cuanto a coordenadas, cotas y abscisas del proyecto y concordantes con el plano de exploración.

Adicionalmente, y también concordantes con el plano y los registros de campo, deben diligenciarse y presentarse las características geotécnicas en formatos que permitan su archivo.

Con base en las perforaciones se deberá elaborar un plano que incluya una reconstrucción del subsuelo en perfil, mostrando las diferentes capas con su respectiva descripción y clasificación según el sistema USCS. También establecer espesores aproximados, posición del nivel freático y los resultados de los ensayos de campo realizados en cada perfil. Dicho perfil será la base del análisis geotécnico.

6.1.10.6 Ensayos de Laboratorio

En este ítem deberán presentarse y justificarse como mínimo todos los aspectos reseñados en el numeral 6.1.6 de esta norma (propiedades físicas, índice y mecánicas —resistencia y deformabilidad-). Cualquier modificación debe estar debidamente justificada.

También deben presentarse legibles y como anexo del estudio de suelos, las memorias o soportes de todos los ensayos efectuados, debidamente referenciados en profundidad y a los sondeos.

Adicionalmente y concordantes con los registros de campo, deben diligenciarse los formatos técnicos que permitan archivar las características geotécnicas.

6.1.10.7 Análisis Geotécnico

Debe incluirse un texto con los criterios empleados para todos los aspectos del numeral 6.1.8 y una memoria de cálculo con los análisis numéricos respectivos.

La evaluación de solicitudes (numeral 6.1.8.1) debe quedar explícitamente tratada en el texto del informe.

Todo análisis geotécnico deberá partir de una caracterización de los suelos. También se deberá plantear el modelo de análisis con sus hipótesis y consideraciones, así como sus limitaciones. Por último se elaborarán los cálculos, los cuales deberán seguir un proceso racional y claro. En el evento que se usen programas de computador, los resultados deberán ser validados con cálculos manuales simplificados.

El cálculo de asentamientos deberá llevarse a cabo estableciendo por separado el análisis por consolidación y por deformación elástica.

Capacidad portante, cálculo de deformaciones y análisis de estabilidad de excavaciones, taludes y laderas (numerales 6.1.8.3 y 6.1.8.6). Los análisis pueden realizarse por cualquier método existente, explicando los criterios empleados para tal fin. En la memoria de cálculo se deben incluir gráficas, ábacos, referencias bibliográficas y todo aquello que dé claridad al estudio. En el caso que la cimentación requiera obras complementarias, tales como anclajes, muros, etc., se debe presentar el diseño correspondiente acompañado de esquemas y/o planos dependiendo de la obra.

Análisis sísmico y potencial de licuación de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1.8.4 y análisis de expansividad de acuerdo con el numeral 6.1.8.5.

Sistemas de protección y/o contención de taludes (numeral 6.1.8.6): En las memorias de cálculo deben ser presentados los diagramas de presiones laterales asumidas para cálculo y el diseño de los elementos estructurales. En el texto deben fijarse los criterios, procedimientos, recomendaciones. Para esta evaluación deben tenerse en cuenta las recomendaciones de la norma de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-006 Excavaciones”.

Manejo de aguas de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1.8.7

Condiciones especiales del subsuelo de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1.8.8 En todos los casos, recomendaciones constructivas de acuerdo con lo indicado en el numeral 6.1.8.9

Nota: En el caso que se utilice procesamiento automático de información, debe entregarse una descripción detallada de los principios en los que se basa dicho procesamiento, así como una descripción de los datos de entrada y salida del proceso y sus unidades.

6.1.10.8 Conclusiones y recomendaciones

Deben presentarse todas las conclusiones y recomendaciones que a juicio del geotecnista sean de relevancia para el estudio.

Las conclusiones deberán contener diferentes alternativas de solución desde el punto de vista económico y técnico, en el evento que exista más de una. Finalmente se deberá dar aquella recomendación que favorezca a EMCALI EICE ESP desde el punto de vista técnico y económico.

6.2 REQUISITOS DE PERSONAL

La ejecución de las labores de geotecnia deben ser realizadas por un Ingeniero Geotecnista quien efectuara el trabajo bajo su absoluta responsabilidad, sin delegar sus funciones a personas cuya preparación académica y experiencia sea inferior a la suya. Dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto, EMCALI EICE ESP solicitará la participación de geólogos y/o ingenieros estructurales en la elaboración del estudio geotécnico.

El cumplimiento de esta norma no exime al Ingeniero de su responsabilidad por los conceptos emitidos, ni por la realización de todas las actividades del estudio geotécnico, para garantizar el conocimiento adecuado del suelo y asegurar la estabilidad de las obras de todo el proyecto, así como de las obras vecinas existentes y proyectadas dentro del entorno del área de estudio. La presente norma no exime de responsabilidad al ejecutor por la realización de exploraciones, ensayos, análisis y/o diseños que a juicio del Ingeniero sean necesarios para un caso particular.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Manual de Diseño Geosintético, Departamento de Ingeniería PAVCO, VII Edición Octubre de 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.