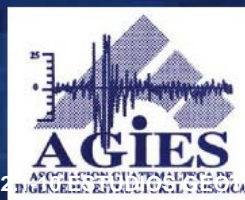


# NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

## AGIES NSE 2.1-10 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y DE MICROZONIFICACIÓN



# TABLA DE CONTENIDO

## PRÓLOGO

### CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

- 1**
- 1.1 Título
  - 1.2 Alcance
  - 1.3 Objetivos

### CAPÍTULO 2 CLASIFICACIÓN DE SITIOS

- 2**
- 2.1 Condiciones del suelo
  - 2.2 Clasificación de las condiciones del suelo. Perfiles del suelo

### CAPÍTULO 3 CRITERIO BÁSICO

- 3**
- 3.1 Criterio Básico
    - 3.1.1 Localización de edificaciones
    - 3.1.2 Redes de infraestructura
    - 3.1.3 Identificación de zonas de amenaza

### CAPÍTULO 4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

- 4**
- Estudio geotécnico
  - Guía para la ejecución de estudios geotécnicos
    - 4.1 Introducción
    - 4.2 Clasificación de los estudios geotécnicos
      - 4.2.1 Reconocimiento geotécnico
      - 4.2.2 Estudios geotécnicos para edificaciones y obras menores
        - 4.2.2.1 Generales - Tipo I
        - 4.2.2.2 Especiales Tipo II
      - 4.2.3 Estudios geotécnicos (Tipo III) para obras importantes (obras tipo III)
      - 4.2.4 Estudios geotécnicos para obras esenciales (Tipo IV)
      - 4.2.5 Estudios geotécnicos para proyectos de gran envergadura y problemas específicos
    - 4.3 Contenido mínimo de los estudios geotécnicos
      - 4.3.1 Reconocimiento geotécnico
      - 4.3.2 Estudio geotécnico general Tipo I
      - 4.3.3 Estudio geotécnico especial Tipo II
      - 4.3.4 Estudio geotécnico especial Tipo III
        - 4.3.4.1 Exploración de campo
        - 4.3.4.2 Análisis geotécnico

- 4.3.5 Estudio geotécnico especial Tipo IV
  - 4.3.5.1 Exploración de campo
  - 4.3.5.2 Análisis geotécnico
- 4.4 Profesionales que pueden hacer los estudios

## **CAPÍTULO 5 CIMENTACIÓN**

- 5** 5.1 Introducción
- 5.2 Alcance
- 5.3 Requerimientos
- 5.4 Suelos cuestionables
- 5.5 Suelos expansivos
- 5.6 Nivel de las aguas subterráneas
- 5.7 Estados de desempeño
- 5.8 Estado límite de servicio o último
- 5.9 Elección de la profundidad de cimentación
- 5.10 Capacidad Soporte
- 5.11 Momento de Volteo

## **6** **CAPÍTULO 6 EXCAVACIONES**

- 6.1 Introducción.
- 6.2 Definición

## **7** **CAPÍTULO 7 ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES**

## **CAPÍTULO 8 ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA**

- 8** 8.1 Microzonificación sísmica
- 8.2 Condiciones locales de sitio a analizar
- 8.3 Condiciones geológicas y sismológicas a evaluar
- 8.4 Colección de información histórica
- 8.5 Lineamientos para microzonificación municipal
  - 8.5.1 Criterios de microzonificación
  - 8.5.2 Zonas de precaución especial
    - 8.5.2.1 Flancos de Barrancos
    - 8.5.2.2 Terrenos Inclinaados
    - 8.5.2.3 Deslizamientos
    - 8.5.2.4 Franjas de terreno fisuradas o falladas
    - 8.5.2.5 Arenales y suelos granulares saturados
    - 8.5.2.6 Litorales, riberas y playas

- 9** **CAPÍTULO 9**  
**ESTUDIO DE FALLAS ACTIVAS**  
9.1 Grados de supervisión técnica estructural  
9.2 Informe final
- 10** **CAPÍTULO 10**  
**LICUEFACCIÓN DE SUELOS**
- 11** **CAPÍTULO 11**  
**EFFECTOS SECUNDARIOS-TSUNAMIS Y SEICHES**
- 12** **CAPÍTULO 12**  
**CRECIDAS E INUNDACIONES**
- 13** **CAPÍTULO 13**  
**ESTUDIOS SÍSMICOS Y DINÁMICOS**
- 14** **CAPÍTULO 14**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

# PRÓLOGO

Esta Norma, constituye la versión ampliada de lo que fue su inicio en la edición 1996, que luego se constituyó en el capítulo 2 de la NR-2 en la edición 2001.

Dado que ese capítulo empezó a tomar interés y demanda, principalmente por parte de la Municipalidad de Guatemala, surgió la necesidad de ampliar los detalles de la misma, surgiendo de esta manera la Guía para la realización de estudios geotécnicos que es parte del contenido de la presente norma.

Para su realización sirvieron de base muchos de los códigos y reglamentos ya existentes a nivel mundial, de los cuales se han tomado, las partes que se consideraban importantes y aplicables en nuestro medio. Así la presente norma persigue utilizar los principales aspectos emanados por diversos códigos y ponerlos en práctica en nuestro medio, evaluar su aplicabilidad y aceptación.

Dentro de los documentos base para la elaboración de la presente norma se encuentran: El IBC 2006 y 2009, así como la Norma Colombiana NSR-09 y NSR-10, el Código de Cimentaciones de Costa Rica, que son documentos referentes no solo para la presente normativa sino también para otras normativas elaboradas por AGIES, que si bien pretende ponerlas a prueba y en práctica; si no también validar su aplicación, para luego adoptarlas definitivamente o bien adaptarlas mejor a las necesidades a nivel local.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 Título

Esta norma de seguridad podrá formar parte de un reglamento de construcción y se denominarán en adelante como “esta norma”.

## 1.2 Alcance

El alcance de la siguiente norma es la de garantizar el adecuado emplazamiento de edificaciones e infraestructura, principalmente para la selección del terreno en donde se construirán las mismas y que estén exentas de cualquier amenaza de índole geológica y antrópica que pueda producirle daño; así como para proveer recomendaciones geotécnicas de diseño y construcción de los cimientos, obras de contención, definición de espectros sismorresistentes, y soportar el efecto de los sismos y de los efectos secundarios de los mismos, además de cualquier otro problema de índole geotécnico que se deba tener en cuenta en el diseño y construcción de proyectos de desarrollo. Se incluyen los estudios mínimos que se deben realizar para identificar las condiciones de sitio así como las amenazas; y delimitar las áreas que potencialmente podrían ser influenciadas. Las presentes normas deben ser revisadas y actualizadas pudiendo ser modificadas en etapas posteriores mediante estudios que actualicen el conocimiento o por el surgimiento de nuevas reglamentaciones en el tema.

## 1.3 Objetivos

Los objetivos de estas normas son:

- (a) Establecer lineamientos y parámetros técnicos para la realización de estudios geotécnicos que se requieren para identificar sitios y terrenos que potencialmente podrían estar expuestos a amenazas geológicas, y en los que se pretenda desarrollar o construir edificaciones y obras de infraestructura.
- (b) Indicar los estudios técnicos mínimos que se requiere realizar para determinar los niveles de amenaza geológica, geotécnica e hidrológica de cualquier proyecto de desarrollo, así como las mitigaciones requeridas.

## 2 CLASIFICACIÓN DE SITIOS

### 2.1 Condiciones del suelo

#### 2.1.1 Generalidades

**2.1.1.1** Se llevarán a cabo las investigaciones que correspondan a fin de clasificar el suelo de acuerdo a los procedimientos establecidos en los capítulos subsecuentes de esta norma o bien utilizando los procedimientos, metodologías y prácticas internacionalmente aceptadas.

**2.1.1.2** Se proporcionan guías adicionales concernientes a la investigación y clasificación del suelo, capítulo 4 de esta norma.

**2.1.1.3** La selección del sitio de construcción y la naturaleza del suelo que la sustenta debería normalmente estar libre en caso de terremoto de los riesgos asociados, tales como ruptura o fallamiento del suelo, inestabilidad de taludes y asentamientos permanentes causados por licuación o licuefacción. La posibilidad de ocurrencia de dichos fenómenos se investigará de acuerdo a la importancia que amerite la obra.

**2.1.1.4** Para estructuras de pequeña importancia en zonas de baja sismicidad o considerado como roca sana (véase microzonificación sísmica) pueden omitirse las investigaciones del terreno en cuanto a la acción sísmica con fines de clasificación. En este caso y en ausencia de información más precisa, la acción sísmica puede determinarse suponiendo unas condiciones del terreno acordes con la clase B del subsuelo, para efectos de uso de ésta clasificación como se especifica en inciso 4.5.2 de la norma NSE 2-10 o bien siguiendo los lineamientos del IBC 2009.

### 2.2 Clasificación de las condiciones del suelo. Perfiles del suelo

La influencia de las condiciones locales del suelo sobre la acción sísmica será tomada en cuenta de acuerdo a los tipos de suelo presentes y a sus propiedades ingenieriles, mediante la consideración de lo establecido en la sección 4.5 de la norma NSE 2-10.

## 3 CRITERIO BÁSICO

### 3.1 Criterio básico

#### 3.1.1 Localización de edificaciones

Las obras y edificaciones solo se construirán sobre terrenos que tengan baja probabilidad de quedar sujetos durante su vida útil a inestabilidad por causa directa e indirecta de fracturas geológicas, sismos, derrumbes, deslizamientos, licuefacción o licuación de suelos, agentes meteorológicos, u otras fallas estructurales de la masa del suelo. Sólo se construirán en terrenos que tengan una baja probabilidad de quedar soterrados por inestabilidad de terrenos próximos. Las excepciones de este criterio de diseño, si las hay, estarán consignadas en esta norma.

#### 3.1.2 Redes de infraestructura

Los componentes de redes de infraestructura que por necesidad estén cimentados en suelos sujetos a inestabilidad deberán contar con un plan de contingencia que garantice un servicio aceptable de acuerdo con las definiciones y disposiciones de la NSE 5.

#### 3.1.3 Identificación de zonas de amenaza

Deben ser las municipalidades las encargadas de microzonificar el área bajo su jurisdicción para identificar las amenazas de inestabilidad del terreno. La amenaza para cada tipo de inestabilidad del terreno se clasificará como mínimo en “nula”, “baja”, “mediana” y “alta”. La municipalidad normará la construcción en cada tipo de microzona, pero sin menoscabo del lineamiento del inciso 3.1.1.

De no estar disponible una microzonificación municipal, el proyectista se sujetará a las disposiciones del capítulo 8.

# 4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

## Estudio geotécnico Guía para la ejecución de estudios geotécnicos

### 4.1 Introducción

Los estudios geotécnicos se realizan para conocer las condiciones del terreno y del sustrato, con el objetivo de anticipar problemas que pueden ocurrir durante la vida útil de las obras de Ingeniería. Se usan para determinar la aptitud del terreno para soportar una obra. El objetivo es prever los problemas que afectan a las obras debido a las condiciones del terreno, anticipando los problemas en las obras que se encuentran en la etapa de planificación y comprendiendo las causas de falla de obras que ya están construidas. Luego de conocer las causas que puedan dañar o que hayan dañado una obra, se proponen soluciones para solventar los problemas. Estos estudios se clasifican en 5 categorías, dependiendo de la magnitud de la obra y de la aplicación del Estudio, estas categorías se listan a continuación:

- 1) Estudio de reconocimiento.
- 2) Estudio geotécnico Tipo I, Edificaciones y obras menores.(obras utilitarias)
- 3) Estudio geotécnico Tipo II, Obras ordinarias
- 4) Estudio geotécnico Tipo III, Obras importantes, proyectos de gran envergadura o riesgo.
- 5) Estudio geotécnico Tipo IV, para problemas específicos, obras esenciales.

Los estudios correspondientes a las primeras tres categorías, son los estudios correspondientes a obras que pueden ser utilitarias; ordinarias (obras tipo II) o importantes (obras tipo III), incluyendo edificios de hasta 4 niveles, los cuales pueden estar sujetos a de amenazas naturales en niveles correspondientes de bajo a medio. Deben ser requeridos previos al período de diseño y están orientados principalmente hacia lo que el conocimiento del tipo de sitio y de las características de las unidades geotécnicas que forman el sustrato y su estructura, dentro de estas categorías se pueden encontrar la cimentación de las obras como viviendas, edificios y puentes.

Para este tipo de estudios, se requiere comprender las condiciones del entorno (estabilidad general), evaluando la existencia de amenazas naturales que puedan afectar al proyecto; de existir éstas amenazas, se deben de delimitar, cuantificar y hacer las recomendaciones para disminuir este grado de amenaza.

Con relación a la estabilidad local, se debe de definir el área y la profundidad de influencia de los cimientos de la obra sobre el terreno, lo que nos ha de servir para planificar las actividades de exploración se deben de orientar básicamente a de definir la estructura y características de las unidades geotécnicas que conforman el terreno dentro del área del influencia de éste. De acuerdo a las condiciones del terreno se deben de hacer las recomendaciones para que el proyecto sea seguro.

## **4.2 Clasificación de los estudios geotécnicos**

### **4.2.1 Reconocimiento geotécnico**

Estos estudios están concebidos para viviendas unifamiliares mínimas, construcciones de un nivel de mampostería o estructura metálica, livianas, obras utilitarias (obras tipo I y II) o anteproyectos en donde existen opciones alternativas del sitio para selección del emplazamiento de una obra. Se aplica un estudio de esta naturaleza a viviendas de un nivel, y a obras utilitarias, almacenes pequeños y obras donde no se presenta una ocupación permanente de personas.

### **4.2.2 Estudios geotécnicos para edificaciones y obras menores**

Estos estudios son aplicables a obras ordinarias (obras tipo II) e importantes (obras tipo III), dentro de las que se puede incluir edificaciones de 1 a 4 niveles incluyendo sótanos, construidas de mampostería o concreto reforzado; plantas; bodegas industriales de estructura metálica, complejos habitacionales de dos niveles y hasta 10 viviendas, carreteras o puentes en rutas departamentales asfaltadas o de terracería, taludes de canteras menores de 20 m, subestaciones eléctricas y presas hidroeléctricas menores de 5 m de altura, ubicadas en sitios en que no representan amenazas para comunidades o poblaciones.

#### **4.2.2.1 Generales – Tipo I**

Este tipo de de estudio está orientado hacia terrenos que se encuentran libres de amenazas geológicas tal como deslizamientos, inundaciones, liquefacción, etc. En estos estudios la componente geológica sirve como una referencia del sitio.

#### 4.2.2.2 Especiales Tipo II

Este tipo de estudio está orientado hacia terrenos que se encuentran ubicados en terrenos en los que una amenaza geológica es evidente, por encontrarse cercanos a un talud que amenaza el proyecto, por ser atravesado por fallas geológicas que se ha comprobado que son activas, cercanos a zonas con historial de deslizamientos o en la zona de influencia de terrenos afectados por crecidas de ríos o zonas potencialmente afectas a liquefacción. En estos estudios la estructura geológica es la base para la caracterización geotécnica.

#### 4.2.3 Estudios geotécnicos (Tipo III) para obras importantes (obras tipo III)

Estos estudios son aplicables a obras importantes o esenciales, dentro de las que se puede incluir edificaciones de 5 a 10 niveles, incluido sótanos, de mampostería concreto reforzado; complejos industriales estructura metálica, complejos habitacionales de mas de 10 viviendas, construidas de mampostería o concreto reforzado; puentes y autopistas en carreteras de primer orden, y subestaciones eléctricas, presas hidroeléctricas hasta 10 m de altura, de cualquier tipo. Para este tipo de estudios, se requiere de un estudio geológico, que defina la estructura del terreno y las características de los materiales que la componen, el cual se debe de utilizar de base para la caracterización geotécnica.

#### 4.2.4 Estudios geotécnicos para obras esenciales (Tipo IV)

Estos Estudios están orientados a proponer soluciones en terrenos que se han sido afectados por problemas geotécnicos o geológicos, causándoles deterioro de diferente naturaleza, tal como agrietamiento, fallas estructurales, asentamientos general, diferencia o colapso total. La planificación se debe de realizar como mínimo por un equipo conformado por un geólogo, un geotecnista y un ingeniero civil, quienes definirán las técnicas de exploración a utilizar y el alcance de las mismas. Estos estudios se aplican a obras ordinarias, importantes o esenciales (obras tipo II, III y IV), de acuerdo al tipo de obra a la que se aplique, estos estudios se clasifican como **Tipo I-E, II-E o III-E**. Por las condiciones de falla, se requiere de un estudio geológico que sirva de base para la caracterización geotécnica.

#### 4.2.5 Estudios geotécnicos para proyectos de gran envergadura y problemas específicos

Estos estudios son aplicables a obras esenciales y de alcance nacional, dentro de las que se puede incluir edificaciones de más de 10 niveles, incluyendo sótanos, construidas de concreto reforzado, puentes en rutas nacionales de gran luz (mayor de 50 m), túneles y grandes presas. La planificación de estas obras debe de estar a cargo de expertos nacionales o internacionales de reconocida experiencia

### 4.3 Contenido mínimo de los estudios geotécnicos

De acuerdo a estos conceptos, a continuación se presenta una lista del contenido mínimo que deben de tener los estudios geotécnicos

#### 4.3.1 Reconocimiento geotécnico

**Aplicación:** Viviendas unifamiliares mínimas, obras utilitarias, obras menores o mayores en etapa de prefactibilidad

**Tipo de obras:** Construcciones de mampostería, o estructura metálica liviana

**Amenaza:** Terreno libre de amenazas geológicas

**Equipo:** Ingeniero civil geotecnista o geólogo geotecnista

1. Resumen
2. Introducción
3. Información general
  - a. Información de la obra
    - i. Descripción
    - ii. Plano de localización
    - iii. Colindancias.
    - iv. Sistema constructivo y clasificación
    - v. Estudios anteriores
    - vi. Fotografías del lugar
  - b. Información del entorno
    - i. Clima (precipitaciones, temperatura)
    - ii. Vegetación
    - iii. Relieve
    - iv. Niveles de agua subterránea
4. Información geotécnica del terreno
  - a. Plan de Exploración
    - i. Técnicas de exploración
    - ii. Características de las obras de exploración
  - b. Interpretación geotécnica del terreno
    - iii. Modelo de la estructura del terreno

- iv. Características de las unidades geotécnicas
- c. Recomendaciones geotécnicas
- 5. Conclusiones y recomendaciones
- 6. Bibliografía
- 7. Anexos

### **Actividades Recomendadas**

Para este tipo de proyecto se recomienda como mínimo realizar lo siguiente:

#### **Actividades de Gabinete**

- Localizar el terreno en un mapa topográfico a escala 1:50,000
- Localizar el terreno en mapa de fracturas del terremoto 1976

#### **Consulta básica de estudios referidos al lugar**

Mapas de amenazas (deslizamiento, inundaciones, amenaza sísmica y volcánica, licuefacción) de INSIVUMEH (Proyecto JICA). Sitios de Consulta INSIVUMEH, Instituto Geográfico Nacional IGN. – CESEM - Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Laboratorio de SIG Ministerio de Agricultura, AGIES, SEGEPLAN, CONRED.

#### **Consulta a reglamentación vigente y pertinente para la República de Guatemala**

- AGIES “Normas Estructurales de Diseño y Construcción recomendadas para la República de Guatemala” Guatemala, junio de 2002
- Municipalidad de Guatemala “Reglamento de Control Urbano para Protección por Riesgos” RE-5; Guatemala, junio de 1999
- AMSA- Autoridad para el manejo sustentable de Amatitlán. “Declaración de sectores de alto riesgo en la cuenca del lago de Amatitlán de los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Escuintla
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Decreto Legislativo 1-93

#### **Actividades de Campo**

- Excavar un pozo manual o mecánicamente a 2.5 m de profundidad
- Interpretar la estructura del terreno y la relación entre las unidades geotécnicas que lo conforman
- Describir e identificar los materiales que componen las unidades geotécnicas mediante procedimientos manuales y visuales (ASTM D-2488-00)
- Determinar el contenido de humedad de las unidades geotécnicas
- Descripción de niveles de agua subterránea freática o aislada y su significación para la obra, procurando delimitar su extensión y profundidad, indicando la fecha, método y condiciones de medición e incluir comentarios sobre su variación en el tiempo
- Describir la consistencia de las unidades geotécnicas
- Comentarios sobre zonas de atención o precaución especial (capítulo 8): flancos de barrancos, terrenos inclinados, franjas de terreno falladas o fisuradas, arenales, y suelos granulares saturados, litorales, riberas o playas

- Comentarios sobre amenazas probables asociadas (deslizamiento, inundaciones, amenaza sísmica, volcánica, licuefacción, subsidencias, asentamientos, suelos problemáticos como las arcillas expansivas, rellenos orgánicos y otros que comprometan la seguridad del proyecto)

### Recomendaciones de diseño y construcción de la cimentación

- Si el terreno se considera de baja probabilidad de inestabilidad por efectos geológicos, geotécnicos, morfológicos del sitio o características del suelo, se deben indicar los criterios generales de cimentación, tipo y cota de cimentación, procedimiento de construcción y obras de adecuación del terreno si fueran requeridas.

#### 4.3.2 Estudio geotécnico general Tipo I

**Aplicación:** Obras Ordinarias e Importantes

**Tipo de obras:** Edificaciones de 1 a 4 niveles

**Amenaza:** Libre de amenazas geológicas

**Equipo:** Ingeniero civil geotecnista, con apoyo de geólogo geotecnista

1. Resumen
2. Introducción
3. Información general
  - a. Información de la obra
    - i. Descripción
    - ii. Colindancias
    - iii. Sistema constructivo y clasificación
    - iv. Cargas y nivel de protección
  - b. Información del entorno
    - i. Clima
    - ii. Vegetación
    - iii. Relieve
4. Información geológica
  - a. Marco geológico
  - b. Geomorfología
  - c. Geología local
5. Información geotécnica del terreno
  - a. Plan de exploración
    - i. Técnicas de exploración
    - ii. Características de las obras de exploración
  - b. Interpretación geotécnica del terreno
    - i. Modelo de la estructura del terreno
    - ii. Características de las unidades geotécnicas
    - iii. Micro-zonificación geotécnica del terreno
  - c. Capacidad soporte y asentamientos

- d. Parámetros de estabilidad de cortes, taludes y laderas
6. Consideraciones sísmicas para el diseño
7. Recomendaciones para cimentación
8. Recomendaciones para estabilidad de taludes, cortes y laderas
9. Conclusiones y recomendaciones
10. Bibliografía
11. Anexos

### Actividades Recomendadas

Para este tipo de proyecto se recomienda como mínimo realizar lo siguiente:

### Actividades de Gabinete y Laboratorio

#### Actividades de Campo

- Detalle de las características físico-mecánicas y si fuere necesario, hidráulicas de los materiales de los diferentes estratos, debidamente fundamentadas, incluyendo pruebas de resistencia al corte, deformación y permeabilidad que permitirán establecer la capacidad portante del suelo y los asentamientos admisibles.
- Como mínimo los ensayos **físicos** para clasificación del suelo son requeridos: (1) humedad natural, (2) granulometría y (3) plasticidad. Otras propiedades físicas comunes dependiendo del proyecto son: (4) peso unitario, (5) gravedad específica, (6) compactación curva Próctor, (7) límites de contracción, (8) contenido orgánico, y (9) otros pertinentes.
- Para los ensayos que determinan propiedades **mecánicas** del suelo, los siguientes ensayos quedan a la discreción del proyecto: (1) consolidación 1-D, (2) compresión no-confinada, (3) corte directo, y (4) triaxial no-consolidado/no-drenado, triaxial consolidado/no-drenado, triaxial consolidado/drenado.
- Ensayos de campo para estimar las propiedades mecánicas (elegir al menos uno) (1) penetración estándar valor N-SPT, (2) ensayos de carga con placa.

Normas estándar de ensayos de campo y de laboratorio ASTM Book of Standards Volume 4.08, March 2004 Soil and Rock (I): D420 - D5779.

Como mínimo considerar las siguientes:

**De Campo:**

D420-98 Guide to Site Characterization for Engineering, Design, and Construction Purposes  
 D1586-99 Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils  
 D1452-80(2000) Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings  
 D1556-00 Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method  
 D1587-00 Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes  
 D2113-99 Standard Practice for Rock Core Drilling and Sampling of Rock for Site Investigation  
 D2167-94(2001) Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method  
 D3550-01 Standard Practice for Thick Wall, Ring-Lined, Split Barrel, Drive Sampling of Soils  
 D4220-95(2000) Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples  
 D5092-02 Standard Practice for Design and Installation of Ground Water Monitoring Wells in Aquifers

**De Laboratorio:**

D421-85(2002) Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants  
 D422-63(2002) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils  
 D698-00a Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12,400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>))  
 D854-02 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer  
 D1140-00 Standard Test Methods for Amount of Material in Soils Finer Than the No. 200 (75-um) Sieve  
 D1557-02 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>(2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))  
 D1558-99 Standard Test Method for Moisture Content Penetration Resistance Relationships of Fine-Grained Soils  
 D1883-99 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils  
 D1997-91(2001) Standard Test Method for Laboratory Determination of the Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass  
 D2166-00 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil  
 D2216-98 Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass  
 D2434-68(2000) Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)  
 D2435-02 Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils  
 D2850 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression  
 D2487-00 Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)  
 D2488-00 Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)  
 D3080-04 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions  
 D4254-00 Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density  
 D4318-00 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils  
 D4767-04 Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils  
 D5195-02 Standard Test Method for Density of Soil and Rock In-Place at Depths Below the Surface by Nuclear Methods

- El número de pozos o sondeos exploratorios o para la toma de muestras y la profundidad mínima de los mismos están indicados en la tabla 4-1

**Tabla 4-1**  
**Número mínimo de sondeos y profundidad mínima sugerida**

Nivel de protección sísmica del tipo de edificación (NR 2, 3.2.2.)	Construcción de edificaciones		Construcción de edificaciones de 1 a 2 niveles	
	Número mínimo de sondeos	Profundidad mínima de sondeos (m)	Número mínimo de sondeos	Profundidad mínima de sondeos (m)
A	3	15	3	6
B	4	25	4	8
C	5	30	5	10
D, E	6	30	**	**

**Nota:** El número de sondeos y la profundidad (en m) de los mismos, serán como mínimo los establecidos en la tabla 4-1 o bien las que el ingeniero geotecnista fije, de acuerdo al tipo de obra; él será el responsable de todo lo efectuado en cuanto al estudio de suelos. Si el suelo es muy duro y no-penetrable, hacer nota en el sondeo y hacer excepción en la profundidad mínima, haciendo una nota que el número de golpes N-SPT es mayor a 50 en 0.15 m.(rechazo)

- Detalle de los ensayos a realizar in situ sobre estratos típicos seleccionados y las determinaciones a realizar sobre las muestras extraídas serán los establecidos por el ingeniero geotecnista responsable del estudio. El número de sondeos deberá como mínimo contener lo establecido en tabla 4-1. Si se requieren más de acuerdo al tipo de obra a emplazar o condiciones especiales de la cimentación, el número de sondeos adicionales y su profundidad, serán los que fije o establezca el ingeniero geotecnista
- Delimitar áreas de suelos problemáticos: Cuando haya movimiento de taludes y terrazas, y si existen cortes verticales mayores de 2 m, verificar empujes laterales y estabilidad de taludes (ver Norma NR-5 o NSE 5, capítulo 3)

#### **Recomendaciones de diseño y construcción de la cimentación**

- Indicar capacidad soporte del suelo, asentamientos calculados y admisibles, estructuras de contención requeridas o formas de estabilización de cortes y taludes si fuera necesario.

### 4.3.3 Estudio geotécnico especial Tipo II

**Aplicación:** Obras ordinarias e importantes

**Tipo de obras:** Edificaciones de 1 a 4 niveles

**Terreno:** Sujeto a amenazas geológicas evidentes

**Equipo:** Ingeniero civil geotecnista y geólogo geotecnista

1. Resumen
2. Introducción
3. Información general
  - a. Información de la obra
    - i. Descripción
    - ii. Colindancias
    - iii. Sistema constructivo y clasificación
    - iv. Nivel de protección
  - b. Información del entorno
    - i. Clima
    - ii. Vegetación
    - iii. Relieve
4. Información geológica
  - a. Marco geológico
  - b. Geomorfología
  - c. Geología local
5. Información geotécnica del terreno
  - a. Plan de exploración
    - i. Técnicas de exploración
    - ii. Características de las obras de exploración
  - b. Interpretación geotécnica del terreno
    - i. Modelo de la estructura del terreno
    - ii. Características de las unidades geotécnicas
    - iii. Micro-zonificación geotécnica del terreno
  - c. Capacidad soporte y asentamientos
  - d. Parámetros de estabilidad de cortes, taludes y laderas
6. Análisis de amenazas geológicas
  - i. Caracterización de tipos de amenaza
  - ii. Zonificación de niveles de amenaza
7. Consideraciones sísmicas para el diseño
8. Recomendaciones para cimentación
9. Recomendaciones para estabilidad de taludes, cortes y laderas
10. Recomendaciones para mitigación de amenaza
11. Conclusiones y recomendaciones
12. Bibliografía
13. Anexos

#### 4.3.4 Estudio geotécnico especial Tipo III

<b>Aplicación:</b>	Obras esenciales
<b>Tipo de obras:</b>	Edificaciones de 5 a 10 niveles
<b>Terreno:</b>	Sujeto a amenazas geológicas evidentes
<b>Equipo:</b>	Ingeniero civil geotecnista y geólogo geotecnista

La estructura del reporte será similar a de los estudios anteriores. Son complementarios a los estudios Tipo I o Tipo II , cuando por el tipo especial de la estructura y/o condiciones problemáticas del terreno se requiera del estudio de interacción suelo-estructura o de cimentaciones especiales

La información de la obra, así como del sitio y del subsuelo será similar a la de los estudios tipo II debiendo tomar en cuenta los aspectos siguientes:

##### 4.3.4.1 Exploración de campo

Investigación del subsuelo por métodos geofísicos y sísmicos

Requerir estudios de prospección geofísica, (e.g. resistividad, gravimetría, refracción sísmica, magnetometría), cuya metodología específica será dispuesta según sea el caso y la factibilidad de aplicación. Dichos estudios se realizarán con el propósito de evaluar y definir estratos del subsuelo, así como la consolidación y espesores probables de los mismos; los resultados deberán tratar de correlacionar con los perfiles estratigráficos obtenidos con la geología del sitio y con los obtenidos con los sondeos y pozos de exploración efectuados. Se deberá explicar tipo de equipo utilizado y sus alcances y limitaciones, así como presentar tablas y archivos de los datos generados y su posterior interpretación, mediante gráficos y valores comúnmente aceptados para determinadas aplicaciones. Para estudios sísmicos ó dinámicos de suelo-estructura, realizar ensayos para determinar las propiedades dinámicas del sitio, tal como un perfil de la velocidad de onda de corte (shear wave velocity). Para estas propiedades dinámicas es necesario realizar exploraciones de campo, por ejemplo: (1) downhole shear wave velocity, (2) crosshole shear wave velocity, ó (3) Spectral Análisis of Surface Waves (SASW), ó el uso de correlaciones bien establecidas en la literatura con el SPT N-value.

##### 4.3.4.2 Análisis geotécnico

Agregar a lo indicado para estudios Tipo I y Tipo II lo siguiente:

Una descripción detallada del cálculo para el diseño de las cimentaciones, debiendo contener: estados límites de falla, funcionamiento y servicio.

#### 4.3.4.2.1 Estudios sísmicos y dinámicos

- Análisis dinámico de respuesta de sitio para determinar el nivel de amplificación de las ondas sísmicas. Para este análisis se necesita una investigación del subsuelo en detalle y si el proyecto lo amerita, obtener datos de las propiedades dinámicas del suelo sobre el manto de roca. Capítulo 13
- Evaluación de la interacción suelo-estructura y cimentaciones especiales; tales como placas de cimentación, vigas de soporte elástico, pilotes o similares que deban estudiarse en conjunto con el comportamiento elástico del subsuelo

#### 4.3.4.2.2 Estabilidad de taludes:

- Ensayos necesarios para poder ejecutar un análisis de la estabilidad de taludes (métodos, descripción detallada del cálculo, software, etc). Capítulo 7
- Evaluación de los patrones de drenaje en área (clase, formaciones asociadas, características)
- Incluir propuesta sobre mitigación y estabilización del mismo
- Evaluación geo-estructural del macizo rocoso, planos de falla, diaclasas etc.
- Evaluación de las propiedades dinámicas del suelo (métodos sísmicos directos, método de vibración de estados permanente, monitores de vibración)

#### 4.3.5 Estudio geotécnico especial Tipo IV

<b>Aplicación:</b>	Obras esenciales
<b>Tipo de obras:</b>	Edificaciones de gran magnitud e impacto
<b>Terreno:</b>	Sujeto a amenazas geológicas evidentes
<b>Equipo:</b>	Ingeniero civil geotecnista y geólogo geotecnista

Son complementarios a estudios Tipo I, II o III, cuando la obra esté en zonas de atención o precaución especial o sobre suelos problemáticos y se trate de obras de gran magnitud e impacto. Para este tipo de estudios se requiere el uso de consultores nacionales e internacionales que actúen como un panel de asesores. Este panel tendrá a su cargo la revisión técnica de los planes de exploración de campo y laboratorio y luego, del enfoque del análisis y recomendaciones de diseño geotécnicas.

La información de la obra, así como del sitio y del subsuelo será similar a la de los estudios tipo III debiendo tomar en cuenta los aspectos siguientes:

#### **4.3.5.1 Exploración de campo**

La exploración de campo varía, dependiendo del tipo de estructuras y queda a discreción del personal especializado y el panel de asesores. La mayoría de las veces se realizará un estudio preliminar de campo o un estudio de factibilidad. En estos estudios, en la exploración se determinará qué tipo de investigación es más adecuada y establece la viabilidad del proyecto. Es requerido que para este tipo de estudio Tipo IV se realice un segundo estudio formal de diseño.

#### **4.3.5.2 Análisis geotécnico**

El análisis varía, dependiendo del tipo de estructuras y queda a discreción del personal especializado y el panel de asesores. Como mínimo las amenazas que no fueron mencionadas en los estudios tipo I, II y III, están descritas en los siguientes párrafos.

##### **4.3.5.2.1 Fallas geológicas**

Identificación de sistema de fallas, tipo de fallas, desplazamientos, longitud, sismicidad local, criterios y fundamentos sobre posible actividad de las mismas, consulta de fracturamientos históricos en el área, interpretación de fotografías aéreas, estudios geofísicos para delimitación de las mismas, realización de trincheras para comprobación en campo de posibles fracturamientos; capítulo 9.

##### **4.3.5.2.2 Licuefacción**

Análisis de la susceptibilidad de licuefacción que incluya descripción de atributos tales como: ambiente geológico (origen, tipo de depósito, ocurrencia, material típico, distribución), permeabilidad, porosidad, saturación de agua, edad geológica y todos aquellos otros que por su interrelación pueden inducir el fenómeno de licuefacción en el terreno. Capítulo 10

#### **4.4 Profesionales que pueden hacer los estudios:**

Los estudios y la elaboración de los reportes deberán ser realizados y estar bajo la responsabilidad de un ingeniero civil geotecnista, un ingeniero geólogo y/o un geofísico. Dichos profesionales deberán estar certificados por la autoridad competente / Colegio de Ingenieros-AGIES, debiendo los mismos tener la calidad de colegiado activo en el Colegio de Ingenieros de Guatemala. Los profesionales arriba mencionados poseerán las características siguientes: estudios de postgrado en ingeniería geotécnica o ingeniería geológica y por lo menos tres años de experiencia en la práctica de estudios de suelos y geotecnia. Pueden también ser realizado por ingenieros civiles o geólogos debidamente registrados con cinco años de experiencia en la práctica de estudios de suelos y geotecnia.

De ser posible, se recomienda que los informes sean preparados y/o revisados conjuntamente entre el ingeniero geólogo y el ingeniero civil geotecnista, encargándosele al ingeniero geólogo la caracterización de las condiciones geológicas y al ingeniero civil geotecnista el diseño y las medidas de mitigación de la obra recomendadas para la disminución de cualquier riesgo. Esto asegurará que las amenazas son debidamente identificadas, estimadas y mitigadas (California Geological Survey, 1997).

**Nota:** Es indispensable incluir el estudio de suelos como requisito para la obtención de la licencia de construcción.

# 5 CIMENTACIÓN

## 5.1 Introducción

La selección del sitio en donde se procederá a cimentar las construcciones y edificaciones deberá cumplir con la característica de tener las propiedades mínimas que permitan el adecuado soporte de la obra así como la de poseer los elementos estructurales que soportarán el peso de la construcción y que transmitirán la carga al terreno en el que se ubicará. Naturalmente se buscará ubicar la edificación en suelo o terreno firme, en las que se eviten suelos de mala calidad en términos de resistencia y rigidez que puedan presentar futuros problemas de estabilidad y seguridad en la que se eviten asentamientos, consolidaciones, hundimientos, licuefacción, erosión, que se manifiesten en ladeos inclinaciones, fisuramientos, agrietamientos y fallas en los cimientos.

## 5.2 Alcance

Los lineamientos acá presentados permiten señalar requerimientos mínimos a considerar en el diseño de las cimentaciones de acuerdo a la naturaleza del tipo de edificación y del tipo de cemento elegido así como de los valores soporte del suelo, considerando los estados límites de falla y los estados límite de servicio de los mismos. El diseño deberá basarse y justificarse con los resultados de los ensayos de laboratorio y de campo que se hayan tomado en el sitio de manera que éstos fundamenten las soluciones elegidas.

Los lineamientos descritos son aplicables a cimentaciones superficiales y profundas que comprenden zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación, cajones, pilotes.

La calidad y el diseño de los materiales usados estructuralmente en excavaciones, zapatas y cimientos deberán cumplir con los requerimientos mínimos de calidad establecidos por las normas guatemaltecas que sean aplicables o en su defecto las establecidas por la ASTM.

## 5.3 Requerimientos

Las investigaciones del suelo y los cimientos deberán ser realizados conforme lo establecido conforme al capítulo 4. Cuando sea requerido por la autoridad competente, estas deberán ser realizadas por un ingeniero de diseño debidamente colegiado.

#### **5.4 Suelos cuestionables**

Cuando la clasificación, resistencia o compresibilidad de un suelo esté en duda o donde el valor de la capacidad soporte sea superior al especificado en esta norma, la autoridad competente requerirá la necesidad de que la investigación sea hecha. Dicha investigación deberá cumplir con los requerimientos establecidos en el capítulo 4.

#### **5.5 Suelos expansivos**

En las áreas que probablemente hayan tenido suelos expansivos la autoridad competente deberá requerir ensayos de suelo para determinar dónde existe dicho suelo.

#### **5.6 Nivel de las aguas subterráneas**

Se realizará una investigación del subsuelo con el propósito de determinar hasta donde el nivel de las aguas subterráneas está encima de los 1.524 m. bajo la elevación del nivel de piso más bajo donde dicho piso está localizado bajo el nivel de suelo acabado adyacente a la cimentación

#### **5.7 Estados de desempeño**

Los estados de desempeño a ser considerados en este capítulo abarcan:

- Pérdida de estabilidad general
- Ubicación del nivel freático
- falla en la capacidad soporte
- Posibles fallas por cortante y punzonamiento
- Falla por deslizamientos
- Influencia de taludes
- Fallo en el terreno y en la edificación
- Existencia de suelos blandos
- fallo estructural debido a movimientos de la cimentación
- Asentamientos excesivos
- Vibraciones inaceptables
- Existencia de fisuras, grietas oquedades, cavernas

## 5.8 Estado límite de servicio o último

El estado límite de servicio o último es el definido como el valor límite de deformación obtenido para una situación particular en la que se alcance ese estado límite. Para los fines de diseño de un proyecto de cimentación se deben establecer los valores límites de dichas deformaciones. Los componentes a ser considerados incluyen:

- Asentamientos.
- Asentamientos por consolidación
- Asentamientos secundarios.
- Asentamientos por sismos.
- Inclinaciones.
- Giros relativos
- Desplazamientos horizontales
- Vibraciones.

Se hace necesario también considerar los condicionantes siguientes:

- Profundidad de nivel freático (sección 5.6)
- Elección de la profundidad de la cimentación

## 5.9 Elección de la profundidad de cimentación

La profundidad mínima de cimentación estará en función de la capacidad soporte del suelo y deberá también de considerar aspectos siguientes:

- utilizar la profundidad que también evite problemas de erosión, meteorización acelerada del suelo, arrastre del mismo por tubificación causada por el flujo de las aguas superficiales o subterráneas
- en presencia de suelos arcillosos la profundidad deberá llevarse hasta un nivel en el que no haya influencia de los cambios de humedad inducidos por agentes externos
- es conveniente evitar los efectos de las raíces de árboles próximos a la edificación

## 5.10 Capacidad Soporte

Los procedimientos clásicos usados por la mecánica de suelos para el cálculo de la capacidad de carga última son aceptados si el material del subsuelo es relativamente uniforme. Tradicionalmente se han venido utilizando fórmulas clásicas de equilibrio límite, pero también es posible mediante pruebas en el sitio, tales como pruebas de carga con placas rígidas o la utilización de presiómetros, aunque es poco usual emplearlos para el estudio de cimentaciones de edificios su uso se restringe a proyectos de mayor envergadura. Se recomienda también el uso de la tabla 5-1 para la estimación de la misma.

**Tabla No 5.1**  
**Valores permisibles de capacidad de carga y presión lateral**

Tipo de Material	Capacidad de Carga – presión vertical del cimiento (psf)(d)	Presión de soporte lateral (psf/f debajo de la gradación natural (d)	Deslizamiento lateral Coeficiente de Fricción <sup>(a)</sup>	Deslizamiento lateral Cohesión (psf) <sup>(b)</sup>
1. Basamento cristalino	12,000	1,200	0.70	-
2. Roca sedimentaria y foliada	4,000	400	0.35	-
3. Gravas arenosas y/o grava (GW y GP)	3,000	200	0.35	-
4. Arena, arena limosa, arena arcillosa, grava limosa y grava arcillosa ( SW, SP, SM, SC, GM y GC)	2,000	150	0.25	-
5. Arcilla, arcilla arenosa, arcilla limosa, limo arcilloso, limo, y limo arenoso ( CL, ML, MH y CH)	1,500 <sup>(c)</sup>	100	-	130

Para el sistema internacional:  $1 \text{ lb/pie}^2 = 0.0479 \text{ kPa}$ ,  $1 \text{ lb/pie}^3 = 0.157 \text{ kPa/m}$ .

- (a) coeficiente a ser multiplicado por la carga muerta.
- (b) valor de resistencia al deslizamiento natural a ser multiplicado por el área de contacto. ver inciso 1804.3
- (c) cuando se establezca en el sitio un suelo con una capacidad soporte de menos de 1,500 lb por pie<sup>2</sup> la capacidad soporte permisible deberá ser determinada por una investigación del suelo.
- (d) Un incremento de un tercio es permitido cuando se use la combinación de cargas alternas de la sección 8.3 de NSE 2 que incluye la carga de viento y la de sismo.

### 5.11 Momento de Volteo

Toda edificación y sus cimientos deberán ser diseñados para resistir el momento de volteo que puede producir un evento sísmico. El factor de seguridad deberá ser mayor o igual que 1.5.

Los lineamientos descritos son aplicables a cimentaciones superficiales y profundas que comprenden zapatas aisladas, zapatas corridas, losas de cimentación, cajones, pilotes.

## 6 EXCAVACIONES

### 6.1 Introducción.

Las excavaciones son comunes durante el proceso de construcción de las edificaciones, que comprenden desde la preparación del sitio donde se ubicarán los cimientos de la obra, hasta la instalación de las obras de abastecimiento de agua, drenaje y servicios bajo el nivel del suelo. Las excavaciones siempre han presentado el problema de la estabilidad de sus paredes dependiendo de la profundidad de las mismas. Así que resulta importante proporcionar algunas especificaciones en cuanto a la profundidad de las mismas como también las obras de apuntalaje que se tendrían que utilizarse para la seguridad del personal que deba trabajar dentro de las mismas. Este capítulo se proporcionará algunas especificaciones y requisitos mínimos que se tendrán que considerar tanto para garantizar la profundidad apropiada a que deberán ubicarse los cimientos, como también recomendaciones para el adecuado apuntalaje de las mismas con fines de seguridad durante la construcción.

### 6.2 Definición

Se entiende como excavación la tarea o proceso de extracción de suelo o una mezcla de suelo y roca de la superficie del terreno. La naturaleza y propiedades del suelo o roca juegan un papel importante en cuanto a la facilidad de la extracción, así como la de la estabilidad de la misma.

Al emprender cualquier tipo de excavaciones se deberán tomar los siguientes criterios como mínimo:

- Realizar un estudio geotécnico y de estabilidad de taludes, debiendo hacer el mismo para toda excavación de más de 1.50 mts de profundidad.
- Al inicio de la excavación se debe preparar un documento legal en cuanto al estado del terreno y terrenos vecinos, conjuntamente con el propietario o propietarios de los terrenos, lotes o edificaciones vecinas.
- Se debe garantizar un factor de seguridad durante la construcción de la excavación superior a 1.2 para condiciones estáticas.

**6.3 Para propósitos de esta normativa deberá verificarse la seguridad de las excavaciones a fin de garantizar:**

- La estabilidad de los taludes y paredes del misma
- Garantizar la estabilidad soporte en el fondo de las mismas
- Evitar el sifonamiento o falla en el fondo debido a subpresiones
- Evitar daños en estructuras vecinas
- Evitar cargas en el área de excavación y sus alrededores

**6.4** La naturaleza de los suelos es muy variable por lo que habrá que estudiar las propiedades de los mismos con propósito en que se realiza una excavación, no puede esperarse que ningún suelo sostenga su propio peso de modo que resulta necesario tomar precauciones para impedir el derrumbamiento de los lados de cualquier excavación que sobrepase una profundidad de 1.2 m.

**6.5** Debe darse a los lados o paredes de la excavación una inclinación segura generalmente un ángulo de  $45^\circ$  se considera apropiado o bien considerar el apuntalamiento de las mismas con un material o sistema apropiado que impida el derrumbamiento de las mismas. La clase de soporte dependerá del tipo de excavación, la naturaleza del terreno y la existencia de aguas subterráneas.

**6.6** Dentro de lo posible las excavaciones no deben ser suficientemente profundas ni estar demasiado cerca de edificios o estructuras adyacentes como para socavarlos, deben tomarse precauciones mediante puntales, soportes, etc. para impedir derrumbes o desmoronamientos cuando la estabilidad de un edificio o estructura se vea afectada por los trabajos de excavación.

**6.7** No se deben almacenar ni colocar materiales o equipos cerca de las orillas de las excavaciones ya que ello acarrea el peligro de que aumenten las cargas en el terreno y se derrumben las paredes de la misma. La sobrecarga uniforme mínima a considerar en sitios próximos a excavaciones temporales será de 15 kpa ( $1.5 \text{ t/m}^2$ ).

**6.8** La seguridad y estabilidad de las excavaciones sin soporte, se analizará tomando en cuenta la influencia de las condiciones de presión de agua en el subsuelo, así como la profundidad de excavación, la inclinación de los taludes, el riesgo de agrietamiento en la proximidad de la corona y la presencia de grietas o discontinuidades.

**6.9** La estabilidad de las excavaciones deberá verificarse principalmente en las paredes, se hará utilizando los métodos clásicos de estabilidad con equilibrio límite. Así también se verificará la falla por capacidad de soporte en el fondo sin dejar de considerar también el sifonamiento que es la pérdida de resistencia total de un suelo producto de la acción de fuerzas de filtración. Puede producirse durante la etapa de bombeo del agua en las excavaciones.

**6.10** Cuando las excavaciones se realicen cerca de estructuras o edificios vecinos, se deberá utilizar elementos de sostenimiento para las excavaciones a fin de impedir o reducir deformaciones que se puedan presentar, y que estén asociadas con asentamientos o deslizamiento de terrenos adyacentes.

**6.11** Si la posibilidad de falla de un talud o de las paredes de la excavación es alta se debe adjuntar un sistema de sostenimiento provisional por medio de puntales o ademes.

**6.12** Acciones mínimas a considerar antes empezar cualquier trabajo de excavación:

- Verificar las condiciones del suelo y el grado de alteración del mismo
- La existencia de instalaciones de servicio público en los alrededores
- La proximidad de edificios
- La vibración inducida por el tráfico y otras fuentes
- Proximidad de agua subterránea, sistemas de drenaje antiguos, cables soterrados, entre otras
- Si cambian las condiciones del suelo después de la ocurrencia de precipitaciones
- Las condiciones del apuntalamiento y sus condiciones con el avance de las obras

## 7 ESTABILIDAD DE LADERAS Y TALUDES

**7.1** El sitio y sus alrededores deberán ser evaluados para determinar el potencial de la estabilidad de los taludes (remociones de masa) y de las laderas, que podrían afectar la seguridad de la obra. Debe considerar características geológicas, hidráulicas, y de pendiente del terreno local y regionalmente (mapas de susceptibilidad de deslizamientos) por lo cual deberán analizarse los efectos de procesos de inestabilidad aledaños o regionales que puedan tener incidencia en el sitio objeto de estudio.

**7.2** Toda edificación cuya implantación se proyecte realizar total o parcialmente sobre una ladera, o que se encuentra en al borde o al pie de una de ellas deberá realizar un análisis de la estabilidad de los taludes que representen una amenaza para la edificación.

**7.3** El análisis de estabilidad consiste en el cálculo de los factores de seguridad de los taludes utilizando metodologías aceptadas internacionalmente y pudiendo utilizarse programas de computadora.

Los factores de seguridad en los análisis de estabilidad deberán ser mayores a 1.5 y menores a 1.25 para condiciones estáticas, y para condiciones de acciones sísmicas deberán ser mayores a 1.2

**7.4** Habrá que investigar todos los modos de falla posible, utilizando como mínimo 100 superficies de falla. Se pueden utilizar los métodos clásicos de análisis de estabilidad ( Jambú; Bishop).

**7.5** Todos los parámetros utilizados para los análisis de estabilidad, se deben sustentar con ensayos de laboratorio de las muestras o ensayos de resistencia en el campo.

**7.6** Para los análisis de estabilidad debe suponerse como mínimo un factor de carga sísmica horizontal de 0.15g.

**7.7** En el análisis y diseño de taludes se debe evaluar el efecto del agua en la disminución del esfuerzo efectivo del suelo y de la resistencia al corte pudiéndose emplear las metodologías y prácticas internacionalmente aceptadas.

# 8 ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

## 8.1 Microzonificación sísmica

### 8.1.1 Objetivo

El objetivo de la presente investigación es identificar y delimitar zonas de mayor o menor grado de amenaza sísmica, desde el punto de vista geotécnico – sísmico, describiendo para cada zona las características mecánicas y dinámicas de los suelos que definen su respuesta ante sollicitaciones sísmicas y que son necesarias para realizar el diseño sismorresistente de las edificaciones y obras de ingeniería, de acuerdo a NSE 2.

## 8.2 Condiciones locales de sitio a analizar

Las condiciones locales del sitio que resulta apropiado analizar para efecto de señalar la conveniencia para construir o asentar una construcción incluyen:

- Las condiciones de suelo que puedan amplificar los movimientos del terreno bajo ciertos rangos de frecuencia. Ver capítulo 13
- La susceptibilidad de licuefacción y otros tipos de inestabilidades del terreno capítulo 10
- Las variaciones topográficas que puedan causar amplificaciones en el movimiento del terreno. Ver capítulo 13
- Sitios que puedan experimentar grandes deformaciones del terreno permanentemente como las asociadas al fallamiento superficial. Ver capítulo 9.
- Zonas costeras bajas vulnerables a Tsunamis. Ver capítulo 11
- Crecidas e inundaciones. Ver capítulo 12

## 8.3 Condiciones geológicas y sismológicas a evaluar

Las condiciones geológicas y sismológicas de los sitios deberán ser evaluadas, así como los aspectos geológicos, geotécnicos e ingenieriles para el sitio propuesto.

## **8.4 Colección de información histórica**

Se deberá coleccionar y documentar información histórica, prehistórica e instrumental sobre los registros de eventos sísmicos significativos que afecten el sitio.

**8.4.1** Con los resultados de los diversos estudios realizados en la sección 8.2; estos deben aplicarse en un Plan de Ordenamiento Territorial que evite la construcción de edificaciones e infraestructura en sitios considerados no aptos o seguros.

## **8.5 Lineamientos para microzonificación municipal**

### **8.5.1 Criterios de microzonificación**

Dentro de las macrozonas sísmicas definidas en el Mapa de Macrozonificación Sísmica para Guatemala (Figura No.4-1 NSE 2), puede haber condiciones locales de orden topográfico, geológico o geotécnico que requieran precauciones especiales. De no existir una regulación municipal que identifique y norme el uso del terreno en microzonas con amenazas geológicas o antrópicas especiales, el proyectista atenderá los siguientes criterios para establecer zonas de precaución, tomará zonas especiales de ser necesario conforme al nivel de protección requerido para el proyecto, e informará por escrito, mediante un informe técnico, a los propietarios, sobre los detalles, con el fin de que estén advertidos y tomen parte en el proceso de toma de decisiones en vista del mayor potencial de daño en las zonas de precaución especial.

### **8.5.2 Zonas de precaución especial**

Se definen como zonas que presentan una sismicidad moderada a alta y de acuerdo con el mapa de microzonificación son zonas que presentan por lo menos valores de índice de sismicidad 3 y 4.

Las zonas que requieren atención especial incluyen:

- a. Flancos de Barrancos
- b. Terrenos inclinados
- c. Franjas de terreno falladas o fisuradas
- d. Arenales y suelos granulares saturados
- e. Litorales, riberas y playas.

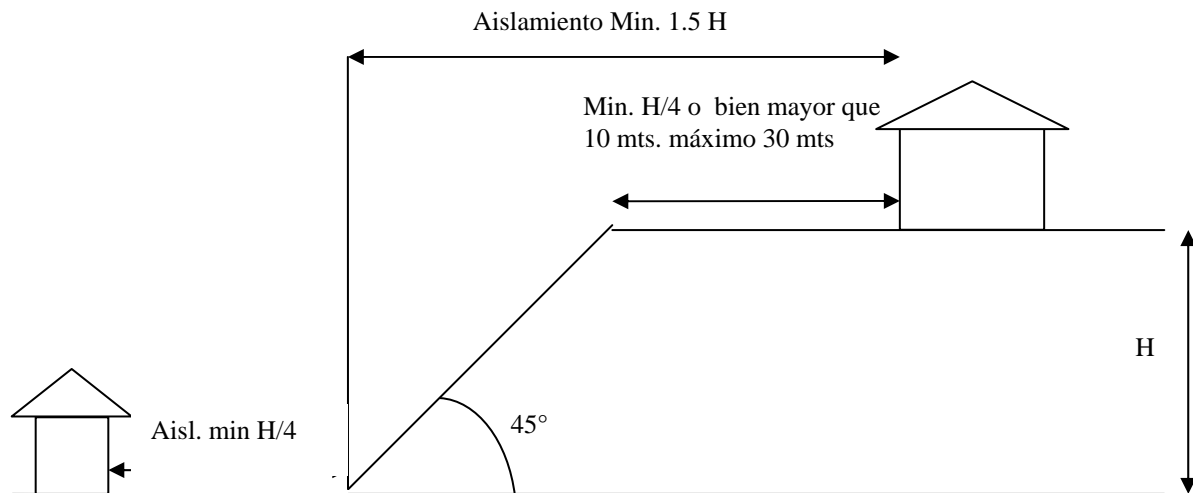
Los incisos siguientes dan lineamientos para la identificación de Zonas de Precaución dentro de las zonas de atención especial.

### 8.5.2.1 Flancos de Barrancos

Será zona de precaución toda la porción de terreno que quede dentro de un plano de  $45^\circ$  levantado desde el fondo del barranco. Se recomienda tomar en cuenta el peligro de derrumbe, deslave y presencia de planos de fisuración paralelos al barranco. El estudio geotécnico indicará las áreas de veda y limitaciones de uso de terreno pertinentes, de acuerdo con el criterio del ingeniero geotecnista. Los parámetros de aceleración sísmica de diseño se incrementarán en un 33% dentro de la zona de precaución.

Algunos parámetros e indicaciones a tomar dentro de estas zonas:

**Figura 8-1**  
**Distancia mínima para ubicación del proyecto desde el borde del barranco**



8.5.2.1.1 Además de considerar lo antes mencionado para a este tipo de zona de precaución inicial deberá tomarse en cuenta todo lo recomendado en el capítulo 7 de esta norma.

### 8.5.2.2 Terrenos Inclinados

Serán zonas de precaución los terrenos con inclinaciones que excedan al 30%. Se recomienda tomar en cuenta el peligro de deslaves y deslizamientos de tierra. El estudio geotécnico indicará las áreas de veda y limitaciones de uso de terrenos pertinentes. Los parámetros de aceleración se incrementarán por los menos en 17 % dentro de la zona de precaución. Deberá tomarse en cuenta también todo lo recomendado en el capítulo 7 de esta norma.

### **8.5.2.3 Deslizamientos**

El sitio y su alrededores deberán ser evaluados para determinar el potencial o susceptibilidad de deslizamientos así como la inestabilidad de los taludes para así determinar la idoneidad del sitio de emplazamiento. Los lineamientos y algunos requisitos mínimos para esta zona de precaución especial se ampliarán más en el capítulo 7 de esta norma.

### **8.5.2.4 Franjas de terreno fisuradas o falladas**

Como estas zonas rara vez son identificables a simple vista, la identificación de una zona de precaución se desprenderá de los estudios geotécnicos requeridos para cada tipo de obra, o sea, que la zona no será identificable en cada caso y ocasionalmente se identificará en los procesos de excavación. Se recomienda tomar en cuenta el peligro de ruptura del terreno con o sin desplazamientos relativos en la zona de contacto. El dictamen geotécnico/geológico indicará las áreas de veda o limitación de uso de terreno que se consideren pertinentes, si las hay. Se recomienda el uso de placas de cimentación o entramados de vigas de cimentación en aquellos casos en que haya fracturas pero se considere posible la construcción. Los parámetros de aceleración se incrementarán por lo menos en un 33% dentro de la zona de precaución que se estableciera. Lineamientos y requisitos especiales para este tipo de zona de precaución especial se dan en los capítulos 5, 7 y 9 de esta norma.

### **8.5.2.5 Arenales y suelos granulares saturados**

El peligro por identificar es licuefacción del terreno durante sismos prolongados. Como relativamente pocos suelos granulares saturados son susceptibles de licuefacción, la identificación de la zona de protección se desprenderá de los estudios geotécnicos requeridos para cada tipo de obra. El dictamen geotécnico/geológico indicará las áreas de veda o limitación de uso de terreno que se consideren pertinentes, si las hay. Dentro de la zona de precaución se recomienda el uso de placas de cimentación continuas en todos los casos, no es necesario incrementar los parámetros de aceleración. Consideraciones y requisitos mínimos sobre esta zona de precaución especial se dan en el capítulo No. 10 de esta norma.

### **8.5.2.6 Litorales, riberas y playas**

Los peligros por considerar son maremotos (tsunami), seiche, crecidas e inundaciones. Consideraciones y requisitos mínimos sobre esta zona de precaución especial se proporciona en los capítulos No. 11 y 12 de la presente norma.

## 9 ESTUDIO DE FALLAS ACTIVAS

**9.1** Fallas Las condiciones geológicas del sitio se deben escribir con suficiente detalle para evaluar la presencia de una traza de falla tectónica. Si se conoce o se intuye que la traza de la falla está presente, se requiere información referente a la actividad, tipo de falla, sentido del desplazamiento con respecto a la geometría del edificio, estimación de los valores de los desplazamientos vertical y/o horizontal con intervalos de recurrencia y ancho de la zona de ruptura potencial.

**9.2** El potencial de fallamiento superficial deberá estimarse para el sitio Los métodos usados y las investigaciones a efectuar deberán de ser lo suficientemente detalladas de acuerdo a la naturaleza del proyecto.

**9.3** Una falla se considerará como activa sobre la base de los datos geológicos, geofísicos, geodésicos o sismológicos o alguna de las condiciones siguientes es aplicable:

- a. Si muestra evidencia de movimientos pasados (deformaciones y/o dislocaciones) o movimientos con naturaleza recurrente dentro de un período de tiempo en el que es razonable inferir que ocurrirán movimientos adicionales en o cerca del sitio. En regiones altamente activas, en donde los datos geológicos y sísmicos consistentemente revelan intervalos cortos de recurrencia, periodos del orden de decenas a miles de años, dicha información será apropiada en la estimación de actividad de dicha falla.
- b. Una relación estructural con una falla activa conocida que ha sido demostrado es que el movimiento de una puede causar el movimiento de otras en o cerca de la superficie.
- c. El potencial máximo de terremoto, asociado con la estructura sismogénica es suficientemente grande; que a determinada profundidad es razonable inferir en el contexto geodinámico del sitio, se producirá un movimiento, en o cerca de la superficie.

**9.4** Para el emplazamiento de una obra o edificación deberá considerarse la localización de fallas geológicas que estén comprendida a una distancia de al menos un kilómetro del proyecto planteado así como la de fallas activas que puedan generar sismos en un área de radio superior a los 100 km. Se deberá indicar todas y cada una de las trazas de la falla, incluir descripciones y registros

fotográficos, y la realización de trincheras cuando sea pertinente. Deben seguirse además los lineamientos establecidos en la NSE 2 inciso 4.6, proximidad de fallas activas.

**9.5** En donde una evidencia confiable muestre la existencia de un fallamiento activo que tenga el potencial de afectar la seguridad de una obra, se deberá de considerar otro sitio para su emplazamiento.

**9.6** Siempre deberá hacerse la consulta del mapa de fallamientos y fracturamiento posteriores al terremoto del año 1976 editado por el Instituto Geográfico Nacional.

# 10 LICUEFACCIÓN DE SUELOS

**10.1 Definición.** En los suelos granulares, especialmente los suelos arenosos saturados, de gradación uniforme, puede presentarse el fenómeno denominado “licuefacción o licuación” del suelo, que es un proceso que se da cuando la presión de poros en el suelo es tan elevada, que el agregado de partículas pierde toda la resistencia al corte y el suelo su capacidad portante. Debido a la gran cantidad de agua intersticial que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un sismo o una carga dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegando a anular las tensiones efectivas, motivando que las tensiones tangenciales se anulen y el suelo se comporte como un pseudolíquido.

**10.2** El fenómeno deberá ser investigado para suelos arenosos, y suelos limosos de baja plasticidad. Los suelos cohesivos no están generalmente considerados de ser susceptibles a la licuefacción; sin embargo suelos cohesivos con:

- a) un contenido de arcilla (porcentaje de finos menor que 0.005 mm) es menor del 15%
- b) un límite líquido < 35%
- c) un contenido de humedad del suelo de sitio que es > que 0.9 veces el límite líquido ( arcillas sensitivas) son vulnerables a una pérdida significativa de resistencia bajo relativamente deformaciones menores del suelo

**10.3** La gran mayoría de amenazas de licuefacción están asociadas con suelos arenosos, suelos limosos de baja plasticidad, arenas limosas saturadas, arenas muy finas redondeas y arenas limpias.

## 10.4 Susceptibilidad a la licuefacción

Los aspectos mínimos a verificar en el sitio de emplazamiento, si el suelo donde se asentará la obra es propenso a la ocurrencia del fenómeno de licuefacción comprende:

- a. Estimación de la edad geológica del terreno: Suelos del holoceno son más susceptibles que los del pleistoceno y la licuefacción de depósitos de edades anteriores no es común.

- b. El depósito del suelo debe estar saturado, o cerca de la saturación, para que ocurra licuefacción.
- c. Caracterización del ambiente depositacional. Depósitos fluviales, coluviales, granulares, eólicos, cuando se saturan, son susceptibles además también se incluyen los depósitos de abanicos aluviales, planicies aluviales, playas, terrazas y estuarios.
- d. Son muy susceptibles a la licuefacción, las arenas finas, las arenas limosas relativamente uniformes, con densidad suelta y media.
- e. Los depósitos bien graduados con tamaños hasta de gravas, gravas arenosas y gravas areno-limosas, son menos susceptibles a la licuefacción, pero de todas formas deben verificarse. Estos materiales también pueden generar cambios volumétricos del terreno.
- f. Los limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido son también susceptibles de presentar licuefacción o falla cíclica. Generalmente se produce la degradación progresiva de la resistencia dinámica de los suelos finos con el número de ciclos de carga equivalente, llevándolos a la falla o generando grandes asentamientos del terreno y de las estructuras apoyadas en él.
- g. Suelos de partículas redondeadas, son más susceptibles que suelos con partículas angulares. Suelos con partículas micáceas, propios de suelos volcánicos son más susceptibles.
- h. Cuando el depósito está en condición seca o con bajo grado de saturación, se genera un proceso de densificación con las consecuentes deformaciones permanentes del terreno y estructuras apoyadas en él.

## 10.5 Potencial de licuefacción

**10.5.1** Para la evaluación del potencial de licuefacción y de las deformaciones permanentes, se deben emplear técnicas de laboratorio y/o ensayos de campo, que corresponden a las metodologías determinísticas o probabilísticas actualizadas y reconocidas internacionalmente. El estudio geotécnico deberá describir la susceptibilidad y consecuencias potenciales de la licuefacción así como la pérdida de resistencia del suelo.

**10.5.2** El potencial de licuefacción del suelo, la pérdida de resistencia y las deformaciones permanentes, deberán ser evaluadas para las aceleraciones máximas del terreno ( $a_{max.}$ ), las magnitudes  $M_w$  esperadas de los posibles escenarios de eventos sísmicos, número de ciclos de carga, la resistencia a la penetración del

suelo ( ensayos STP, cono estático, piezocono, becker, velocidad de corte  $V_s$  , etc.) y demás características consistentes con los movimientos sísmicos del terreno y el método empleado. Se permite determinar la  $a_{max}$  basado en un estudio de microzonificación sísmica de la ciudad o en un estudio específico de respuesta de sitio que tenga en cuenta efectos de amplificación. En suelos finos, por su comportamiento en particular, podrá verificarse mediante relaciones que incluyan el índice de plasticidad,  $W_n/LL$  y demás parámetros sugeridos por las metodologías modernas sobre el tema.

**10.5.3** El potencial de licuefacción de los materiales del subsuelo del sitio propuesto deberá ser evaluado usando los parámetros y valores de movimiento del terreno para el sitio específico. La evaluación incluirá el uso de métodos aceptados para la investigación de suelos y de métodos analíticos para determinar el peligro.

**10.5.4** Si el potencial de licuefacción del suelo resulta inaceptable, el sitio deberá considerarse inapropiado, a menos de que alguna solución práctica ingenieril se demuestre este disponible

**10.5.5** Si se sospecha la presencia de suelos licuables se requiere información del tipo de suelo, densidad, profundidad del nivel freático y fluctuaciones estacionales, pendiente del terreno, proximidad a la cara libre de un accidente topográfico (río, canal, lago, etc) y evaluación de los desplazamientos o corrimientos laterales y verticales.

**10.5.6** La amenaza de licuefacción se debe evaluar inicialmente para establecer si el sitio es claramente libre de ésta amenaza o por el contrario se debe realizar una investigación detallada. Generalmente se puede suponer que la amenaza de licuefacción no existe en los sitios en donde, con suelos similares, no ha ocurrido históricamente el fenómeno y si se cumple algunos de los criterios siguientes:

- a. Los materiales del subsuelo son roca o tienen muy baja susceptibilidad de licuefacción, basado en el ambiente general de deposición y edad geológica del terreno.
- b. El subsuelo está constituido de arcillas duras o limos arcillosos, a menos que sean altamente sensitivos, basado en la experiencia local.
- c. Los suelos no cohesivos (arenas, limos o gravas) tienen una mínima resistencia normalizada en el ensayo de penetración estándar (STP) m N160, de 30 golpes/pie para profundidades bajo la tabla de agua, o un contenido de arcilla mayor de 20% . El parámetro N160 se define como el valor de N del STP normalizado a una sobre presión efectiva de 100 kPa (presión atmosférica = PA). Se considera arcilla al suelo cuyas partículas son de diámetro nominal  $\leq 0.002$  mm.

- d. El nivel freático está por lo menos a 10 m. bajo el cimiento más profundo, o 15 m bajo la superficie del terreno, incluyendo consideraciones para ascensos estacionales e históricos, y sin algún talud o condición de borde libre en la vecindad no se extiende bajo la elevación del agua subterránea en el sitio.
  
- e. Si aplicando los criterios mencionados existe alguna posibilidad de amenaza por licuefacción, entonces se requiere una evaluación detallada del potencial de licuefacción

# 11 EFECTOS SECUNDARIOS- TSUNAMIS Y SEICHES

## 11.1 Tsunamis y seiches

**11.1.1** El sitio principalmente en zonas costeras, deberá ser evaluado para determinar el potencial de tsunamis o seiches que puedan afectar el sitio seleccionado y por ende la seguridad de la obra.

**11.1.2** Si se establece la existencia potencial de ocurrencia de tsunamis y seiches se deberá recolectar información histórica para el sitio seleccionado de emplazamiento y deberá evaluarse críticamente su relevancia a fin de constatar la seguridad del sitio y su confiabilidad.

**11.1.3** Sobre la base de la información histórica recopilada para el sitio elegido y comparándola con lugares similares que han sido estudiados dentro de la región respecto a este fenómeno, se deberá estimar la frecuencia de ocurrencia, magnitud del evento sísmico que lo produjo, la altura de las olas generadas, y la distancia de penetración en la costa.

**11.1.4** El potencial de generación de tsunamis y seiches será estimado en base a la recopilación de los eventos sísmicos registrados y de las características sismotectónicas del sitio y sus alrededores.

**11.1.5** Los peligros o amenazas asociadas con los Tsunamis o seiches deberán proceder de registros sísmicos conocidos y de las características sismotectónicas, así como también con el uso de modelos físicos y/o analíticos.

# 12 CRECIDAS E INUNDACIONES

## 12.1 Crecidas e Inundaciones

**12.1.1** El sitio seleccionado deberá ser evaluado para que regionalmente se determine el potencial de inundaciones debidas a una o más causas naturales que puedan afectar la seguridad de la obra.

**12.1.2** Si existiera el potencial de inundación, todos los datos pertinentes, incluyendo información histórica, meteorológica e hidrológica deberán de recolectarse y examinarse críticamente.

**12.1.3** Se deberá desarrollar un adecuado modelo meteorológico e hidrológico que tome en cuenta los límites de exactitud y la cantidad de datos disponibles, el periodo disponible de los datos históricos para el cual los datos fueron acumulados y todos los cambios pasados conocidos en las características relevantes de la región.

**12.1.4** Las posibles combinaciones de los efectos de varias causas serán examinadas. Por ejemplo, para zonas costeras y sitios en estuarios, el potencial de inundación por una combinación de alto oleaje, efectos del viento sobre los cuerpos de agua y las acciones de las olas, como también aquellas debidas a ciclones o huracanes, las cuales deberán ser tomadas en cuenta en el modelo de amenaza.

**12.1.5** Las amenazas para el sitio debido a inundaciones deberán derivarse del modelo para el mismo se podrán utilizar métodos probabilístico.

**12.1.6** Los parámetros usados para caracterizar la amenazas debido a las inundaciones deberán incluir la altura del agua, la altura y el periodo de las olas (si es pertinente), el tiempo de alerta para inundación, al duración de la inundación y las condiciones del flujo.

**12.1.7** El potencial de inestabilidad de un cauce de río o de una zona costera debido a la erosión o sedimentación deberá también investigarse.

**12.1.8** Deberá consultarse los mapas que disponga el INSIVUMEH con zonas susceptibles de inundación.

**12.1.9** Siempre habrá que considerar la posibilidad de ocurrencia de inundaciones repentinas o crecidas súbitas, provocadas por eventos extremos (altas precipitaciones, eventos sísmicos) o bien debidas a accidentes antrópicos (fallamiento de presas y represamientos) que puedan ocasionar correntadas repentinas aguas abajo.

**12.1.10** Para aspectos de análisis se deberá tomar la inundación base como la inundación que tiene un 1% de probabilidad de ser igualada o excedida en cualquier año dado.

**12.1.11** La altura o elevación base de la inundación, incluirá la altura de la ola y teniendo un 1% de probabilidad de ser igualada o excedida en cualquier año dado.

# 13 ESTUDIOS SÍSMICOS Y DINÁMICOS

**13.1** Para la categorización del sitio desde el punto de vista del análisis de respuesta, se deberá inicialmente hacer estimaciones de la velocidad de onda de corte  $V_s$  a una profundidad que como mínimo esté debajo del nivel de las cimentaciones de la obra. En su estimación se podrán utilizar los métodos geofísicos.

**13.2** Si no es posible obtener la clasificación del sitio de la manera anteriormente plateada, se deberán realizar la investigación del suelo, con el fin de determinar el tipo de suelo y proveer datos que permitan un análisis posterior. Estos deben comprender al menos:

- a. Descripción estratigráfica del subsuelo, considerando extensiones laterales y verticales, número de estratos y sus espesores.
- b. Propiedades físicas y químicas del suelo y de la roca y los valores usados para su clasificación.
- c. Velocidades de las ondas S y P, relaciones esfuerzo-deformación, propiedades de resistencia estáticas y dinámicas, consolidación, permeabilidad y otras propiedades mecánicas obtenidas de ensayos de campo en el lugar.
- d. Características del nivel freático de las aguas subterráneas.

**13.3** Será de suma importancia para sitios especiales considerar el análisis dinámico de la respuesta del sitio para determinar el nivel de amplificación de las ondas sísmicas. Para el estudio de las mismas se podrán utilizar métodos analíticos (uso del programa SHAKE) o métodos empíricos (uso de la técnica de Nakamura).

**13.4** La consideración de un estudio por de la amplificación topográfica de la onda sísmica en el sitio del proyecto será también importante considerarlo, una vez se disponga de los registros sísmicos necesarios para llevar a cabo el análisis y utilizando métodos de cálculo de reconocida validez y aplicación.

## 14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 14.1 Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. NSR-10 Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Título H. Estudios Geotécnicos.
- 14.2 Asociación Costarricense de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones (1994) “Código de Cimentaciones de Costa Rica” 1era Edición Editorial Tecnológica de Costa Rica, 1994.
- 14.3 AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación. Eurocódigo 8 Disposiciones para el Proyecto de Estructuras Sismorresistentes. Parte 1-1: Reglas Generales Acciones Sísmicas y Requisitos Generales de las Estructuras.
- 14.4 AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación. Eurocódigo 7 Proyecto Geotécnico. Parte 1. Reglas Generales.
- 14.5 AGIES (2005) “Guía para dictámenes geotécnicos recomendada por AGIES” PE-01-2005 Complemento al capítulo No.6 “Condiciones del Terreno” de la Norma NR-2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica –AGIES- Guatemala, julio 2005.
- 14.6 American Society of Civil Engineers. “Minimum Design Loads for Building and other Structures” ASCE Standard ASCE/SEI 7-05 Including supplement No.1
- 14.7 Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2005) Normas Técnicas CDMB” Normas Técnicas para el Control de Erosión y para la realización de Estudios Geológicos, Geotécnicos e Hidrogeológicos.
- 14.8 International Code Council “International Building Code 2009” 1st. Edition, February 2009.
- 14.9 Marcellini A. “Methodology for Microzonation Assessment” Instituto per la Geofisica Della Litosfera. CNR.
- 14.10 Flores et al (2001) “Zonificación Sísmica Urbana en Guatemala: Fase I: Identificación de Unidades Geológicas y su Respuesta Sísmica Analítica. Informe Final. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, CESEM Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Proyecto CONCYT 42-99.
- 14.11 Nagaraj H. B.; Murty C.V.R & Jain Sudhir K.(2002) “Review of Geotechnical Provisions in Indian Seismic Code IS:1893 (Part 1): 2002. Document No. :

IITK-GSDMA-EQ13-V1.0 Final Report: A-Earthquake Codes. IITK-GSDMA Project on Building Codes.

- 14.12** Sociedad de Ingenieros del Atlántico & Alcaldía Distrital de Barranquilla (2007) Código de Laderas del Distrito de Barranquilla. Colombia. 2007.
- 14.13** Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES (1996) Normas de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala. Edición 1996.
- 14.14** Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES (2001) Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala. AGIES, Colegio de Ingenieros de Guatemala. Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia. Guatemala Edición Preliminar Junio, 2002.



CON EL APOYO DE:

