



NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL PARA GUATEMALA 2018

CONTROL DE CAMBIOS

Actualizado al 24 de febrero de 2020

NSE 1

Generalidades, Administración de las Normas y Supervisión Estructural

30 de octubre de 2019

24 de febrero de 2020

Sección 1.2 – Definiciones

Diseñador estructural — Es el profesional, ingeniero civil ~~o arquitecto~~, que es responsable del diseño y cálculo estructural de un proyecto y de dirigir la ejecución de los planos estructurales. En adelante, se referirá como “diseñador estructural” indistintamente al profesional individual o a la empresa que desempeñe esta función.

Diseñador estructural — Es el profesional, ingeniero civil, que es responsable del diseño y cálculo estructural de un proyecto y de dirigir la ejecución de los planos estructurales. En adelante, se referirá como “diseñador estructural” indistintamente al profesional individual o a la empresa que desempeñe esta función.

Sección 1.6 – Actualización de las normas

1.6.1 La revisión, actualización y complementación de estas normas será efectuada periódica y exclusivamente por AGIES. Por lo tanto, se necesita que los organismos estatales y municipales que las sancionen incorporen suficiente flexibilidad en los acuerdos y reglamentos para facilitar la inclusión de las actualizaciones de estas normas.

1.6.1 La revisión, actualización y complementación de estas normas será efectuada periódica y exclusivamente por AGIES. Por lo tanto, se necesita que los organismos estatales y municipales que las sancionen incorporen suficiente flexibilidad en los acuerdos y reglamentos para facilitar la inclusión de las actualizaciones de estas normas. Para la implementación de esta norma o sus modificaciones, la Autoridad Competente deberá permitir un periodo de transición de seis meses a partir de su publicación por AGIES.

Sección 5.1.2 – Planos estructurales para solicitud de licencia

• Normas ~~utilizadas para el diseño estructural~~

• Normas específicas del sistema estructural a utilizar

Sección 8.1 – Profesión y experiencia del supervisor técnico estructural

8.1.1 El supervisor técnico estructural individual deberá ser un profesional, de la ingeniería civil o arquitectura, con experiencia en el ejercicio del diseño estructural y construcción, o supervisión técnica estructural relacionada con el sistema constructivo del proyecto.

8.1.1 El supervisor técnico estructural individual deberá ser un profesional, de la ingeniería civil o arquitectura, con experiencia en el ejercicio del diseño estructural, construcción o supervisión técnica estructural relacionada con el sistema constructivo del proyecto.

FIN NSE 1 – 2018

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN

NSE 2.1

Estudios geotécnicos

30 de octubre de 2019

24 de febrero de 2020

Sección 4.1 – Introducción

4.1.1 Los estudios geotécnicos se realizan para conocer las condiciones del terreno y del subsuelo y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan efectuar un análisis y diseño estructural adecuado. Estos estudios también incluirán las medidas de mitigación para los riesgos identificados. Los estudios se clasifican en cuatro tipos, dependiendo de la magnitud de la obra y de la aplicación del estudio:

- (a) Estudio Geotécnico Tipo I.
- (b) Estudio Geotécnico Tipo II.
- (c) Estudio Geotécnico Tipo III, para obras de gran envergadura o bajo condiciones de riesgo importantes.
- (d) Estudio Geotécnico Especial Tipo IV, para atender problemas específicos.

4.1.1 Los estudios geotécnicos se realizan para conocer las condiciones del terreno y del subsuelo y proporcionar los parámetros geotécnicos que permitan efectuar un análisis y diseño estructural adecuado. Estos estudios también incluirán las medidas de mitigación para los riesgos identificados. Los estudios se clasifican en cuatro tipos, dependiendo de la clasificación de la obra, de la aplicación y jerarquía del estudio siendo en su orden de importancia los siguientes:

- (a) Estudio Geotécnico Tipo I, para obras utilitarias y obras ordinarias de hasta 200 m² de construcción.
 - (b) Estudio Geotécnico Tipo II, para obras ordinarias.
 - (c) Estudio Geotécnico Tipo III, para obras importantes y esenciales.
 - (d) Estudio Geotécnico Especial Tipo IV, para investigar amenazas geotécnicas y/o geológicas, esto sin importar la clasificación de la obra.
-

Sección 4.2 – Clasificación de los estudios geotécnicos

4.2.1 Visita al sitio o reconocimiento preliminar — Es obligatorio realizar una visita al sitio en la que se verifiquen las condiciones superficiales generales del mismo y su entorno, para determinar el tipo de estudio a realizar.

4.2.1 Visita al sitio o reconocimiento preliminar — Es obligatorio realizar, por un ingeniero civil, una visita al sitio de construcción en la que se verifiquen las condiciones superficiales generales del mismo y su entorno, para determinar en función del proyecto a desarrollar el tipo de estudio a realizar.

En el caso de tratarse de obras menores (menos de 100 m² de construcción), tales como; levantado de muros perimetrales, ampliación o remodelación de obras existentes, etc. Se podrá utilizar el informe por escrito de dicha visita en sustitución de un estudio de suelos. Quedando a criterio de la autoridad competente requerir los estudios adicionales que ésta crea convenientes.

Sección 4.2.2 – Estudio Geotécnico Tipo I

(a) El Estudio Geotécnico Tipo I está orientado a obras utilitarias a construir en un terreno no sujeto a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc. En estos estudios la información geológica general disponible y la experiencia geotécnica local servirán como base del mismo.

(b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico General Tipo I se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica, el profesional responsable podrá requerir un Estudio Geotécnico Especial Tipo IV.

(a) El Estudio Geotécnico Tipo I está orientado a obras utilitarias, y obras ordinarias de hasta 200 m² de construcción, a construir en un terreno no sujeto a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc. En estos estudios la información geológica general disponible y la experiencia geotécnica local servirán como base de este.

(b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico Tipo I se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica, el profesional responsable podrá requerir a su criterio de un Estudio Geotécnico de mayor jerarquía o estudios complementarios que considere necesarios.

Sección 4.2.3 – Estudio Geotécnico Tipo II

- (a) El Estudio Geotécnico **Especial** Tipo II está orientado a obras ordinarias a ser construidas en terrenos no sujetos a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc.
- (b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico **Especial** Tipo II se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica, el profesional responsable podrá requerir un Estudio Geotécnico **Especial Tipo IV**.
- (a) El Estudio Geotécnico Tipo II está orientado a obras ordinarias de más de 200 m² a construir en terrenos no sujetos a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc.
- (b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico Tipo II se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica, el profesional responsable podrá requerir a su criterio de un Estudio Geotécnico de mayor jerarquía o estudios complementarios que considere necesarios.

Sección 4.2.4 – Estudio Geotécnico Tipo III

- (a) El Estudio Geotécnico Tipo III está orientado a obras importantes o esenciales a **ser construidas** en terrenos no sujetos a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc.
- (b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico **Especial** Tipo III se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica se deberá realizar un Estudio Geotécnico Tipo IV.
- (a) El Estudio Geotécnico Tipo III está orientado a obras importantes o esenciales a construir en terrenos no sujetos a amenazas geológicas tales como deslizamientos, inundaciones, licuefacción, fallas geológicas, discontinuidades, etc.
- (b) Si durante la ejecución del Estudio Geotécnico Tipo III se detecta alguna amenaza geológica y/o geotécnica se deberá realizar un Estudio Geotécnico Tipo IV.
-

Sección 4.2.5 – Estudio Geotécnico Especial Tipo IV, para investigar amenazas geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas

(a) El Estudio Geotécnico Especial Tipo IV está orientado a obras de cualquier categoría ocupacional situadas en terrenos en los que se ha identificado una amenaza geológica evidente tal como: cercanía a un talud, a la ladera de un barranco, a fallas geológicas activas, a zonas con evidencia de inestabilidad o con historial de deslizamientos, zonas potencialmente afectas a crecidas de ríos, licuefacción o condiciones geotécnicas adversas.

(b) La planificación de un Estudio Geotécnico Especial Tipo IV debe realizarse, como mínimo, por un equipo conformado por un geólogo y un ingeniero geotécnico, quienes definirán las técnicas de exploración a utilizar y el alcance de las mismas.

(a) El Estudio Geotécnico Especial Tipo IV está orientado a obras de cualquier categoría ocupacional situadas en terrenos en los que se ha identificado una amenaza geológica evidente tal como: cercanía a un talud, a la ladera de un barranco, en riveras de ríos o cercanas a cuerpos de agua, a fallas geológicas activas, a zonas con evidencia de inestabilidad o con historial de deslizamientos, zonas potencialmente afectas a crecidas de ríos, licuefacción o condiciones geotécnicas adversas.

(b) La planificación de un Estudio Geotécnico Especial Tipo IV debe contar con la participación de un ingeniero civil o geotécnico y un ingeniero geólogo.

Sección 4.3 – Profesionales que pueden realizar los estudios geotécnicos

4.3.2 Los profesionales mencionados en 4.3.1 deberán poseer al menos una de las características siguientes:

(a) Profesional con maestría en ingeniería geotécnica con por lo menos tres años de experiencia en la práctica de estudios de suelos y geotecnia.

(b) Ingeniero civil o ingeniero geólogo con por lo menos cinco años de experiencia en la práctica de estudios de suelos y geotecnia.

4.3.2 Los profesionales mencionados en 4.3.1 deberán poseer al menos una de las características siguientes:

(a) Profesional con posgrado en ingeniería geotécnica con por lo menos tres años de experiencia comprobable en la práctica de estudios de suelos y geotecnia.

(b) Ingeniero civil o ingeniero geólogo con por lo menos cinco años de experiencia comprobable en la práctica de estudios de suelos y geotecnia.

Sección 4.4.1 – Estudio Geotécnico Tipo I

4.4.1.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico **General** Tipo I debe ser un ingeniero civil ~~y/o~~ ingeniero geotécnico.

4.4.1.2 El Estudio Geotécnico **General** Tipo I debe tener como mínimo el siguiente contenido:

- (1) Introducción
- (2) 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. Relieve
- (3) Información geológica
 - a. Marco geológico general
 - b. Geología local
- (4) Información geotécnica del terreno
 - a. Plan de exploración
 - i. Técnicas de exploración
 - ii. Características de exploración
 - b. Ensayos de laboratorio o ensayos in situ
 - c. Caracterización geotécnica del terreno
 - i. Características del subsuelo
 - ii. Perfil estratigráfico.
 - d. Cota de cimentación, capacidad soporte y estimación de asentamientos
- (5) Recomendaciones para la construcción de la cimentación
- (6) Conclusiones y recomendaciones
- (7) Bibliografía
- (8) Anexos

4.4.1.3 Para un Estudio Geotécnico **General** Tipo I se deben realizar como mínimo las siguientes actividades:

4.4.1.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico Tipo I debe ser un ingeniero civil o ingeniero geotécnico.

4.4.1.2 El Estudio Geotécnico Tipo I debe tener como mínimo el siguiente contenido:

- (1) Introducción
- (2) Información general
 - a. Información de la obra y su entorno
 - i. Descripción
 - ii. Colindancias
 - iii. Sistema constructivo y clasificación
 - iv. Nivel de Protección
 - v. Relieve
- (3) Información geológica
 - a. Marco geológico general
 - b. Geología local
- (4) Información geotécnica del terreno
 - a. Plan de exploración
 - i. Técnicas de exploración
 - ii. Características de exploración
 - b. Ensayos de laboratorio o ensayos in situ
 - c. Caracterización geotécnica del terreno
 - i. Características del subsuelo
 - ii. Perfil estratigráfico.
 - d. Cota de cimentación, capacidad soporte y estimación de asentamientos
- (5) Recomendaciones para la construcción de la cimentación
- (6) Conclusiones y recomendaciones
- (7) Bibliografía
- (8) Anexos

4.4.1.3 Para un Estudio Geotécnico Tipo I se deben realizar como mínimo las siguientes actividades:

- (a) Actividades de Campo
- (b) Reconocimiento del terreno
- (c) Análisis del tipo de construcción

4.4.1.4 Además de lo expresado en estas normas, se debe utilizar como referencia la categoría ocupacional en la cual se clasifican las obras, contenida en la sección 3.1 de la norma NSE 1.

- (a) Actividades de Campo,
- (b) Reconocimiento del terreno, por lo menos una exploración de 2m de profundidad y los ensayos de laboratorio que el ingeniero responsable considere.
- (c) Análisis del tipo de construcción

4.4.1.4 Además de lo expresado en estas normas, se debe utilizar como referencia la categoría ocupacional en la cual se clasifican las obras, contenida en la sección 3.1 de la norma NSE 1.

Sección 4.4.2 – Estudio Geotécnico Tipo II

4.4.2.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico ~~Especial~~ Tipo II debe ser un ingeniero civil y/o ingeniero geotécnico.

4.4.2.2 El Estudio Geotécnico ~~Especial~~ Tipo II seguirá los lineamientos, y estructura del Estudio Geotécnico ~~General~~ Tipo I, atendiendo la cantidad y profundidad de ~~sondeos~~ establecidos para estructuras ordinarias en las Tablas 4.5.1-1, 4.5.1-2 y 4.5.1.10. ~~El reconocimiento de campo y la prospección será como mínimo lo especificado para el Estudio Geotécnico General Tipo I.~~

4.4.2.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico Tipo II debe ser un ingeniero civil o ingeniero geotécnico.

4.4.2.2 El Estudio Geotécnico Tipo II seguirá los lineamientos, estructura y contenido del Estudio Geotécnico Tipo I, atendiendo la cantidad y profundidad de exploraciones establecidas para estructuras ordinarias en las Tablas 4.5.1-1, 4.5.1-2 y 4.5.1.10.

Sección 4.4.3 – Estudio Geotécnico Tipo III

4.4.3.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico **Especial** Tipo III debe ser un ingeniero civil ~~y/o~~ ingeniero geotécnico.

4.4.3.2 El Estudio Geotécnico **Especial** Tipo III es complementario a los estudios Tipo I o Tipo II. Debe incluir el estudio de interacción suelo-estructura y/o de cimentaciones especiales.

4.4.3.3 La información de la obra, así como del sitio y del subsuelo, en el Estudio Geotécnico **Especial** Tipo III será similar a la de los estudios Tipo II, ~~debiendo, según el criterio del profesional, que deberá justificarse en el Informe del Estudio Geotécnico, tomar en cuenta los aspectos siguientes:~~

4.4.3.1 El profesional responsable de un Estudio Geotécnico Tipo III debe ser un ingeniero civil o ingeniero geotécnico.

4.4.3.2 El Estudio Geotécnico Tipo III es complementario a los estudios Tipo I o Tipo II. Debe incluir el estudio de interacción suelo-estructura y/o de cimentaciones especiales.

4.4.3.3 La información de la obra, así como del sitio y del subsuelo, en el Estudio Geotécnico Tipo III será similar a la de los estudios Tipo II, quedando a criterio del profesional el tomar en cuenta o no los aspectos siguientes, debiéndose justificar en el informe del Estudio Geotécnico.

Sección 4.4.4 – Estudio Geotécnico Especial Tipo IV

4.4.4.1 Los profesionales responsables de un Estudio Geotécnico Especial Tipo IV deben ser un ingeniero civil ~~y/o~~ ingeniero geotécnico y un ingeniero geólogo

4.4.4.2 El Estudio Geotécnico Especial Tipo IV es complementario a los estudios Tipo I, II o III, cuando la obra esté en zonas de atención o precaución especial o sobre suelos problemáticos.

4.4.4.3 En el Estudio Geotécnico Especial tipo IV, 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:

4.4.4.1 Los profesionales responsables de un Estudio Geotécnico Especial Tipo IV deben ser un ingeniero civil o ingeniero geotécnico y un ingeniero geólogo

4.4.4.2 El Estudio Geotécnico Especial Tipo IV es complementario a los estudios Tipo I, II o III, cuando la obra esté en zonas de atención o precaución especial o sobre suelos problemáticos.

4.4.4.3 En el Estudio Geotécnico Especial tipo IV, 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 además los aspectos siguientes:

(a) **Exploración de campo** — La campaña de exploración de campo se planificará dependiendo del tipo de estructuras, y su amplitud queda a discreción del personal especializado y del panel de asesores. Deberá incluir como mínimo la realización de ensayos in situ tales como: Ensayo de Penetración Estándar, SPT, Ensayo de Penetración con Cono, CPT, Ensayo con Dilatómetro, DMT. Además, se deberá incluir la medición del nivel freático (en caso exista). La mayoría de las veces se realizará primero un estudio preliminar de campo o un estudio de factibilidad. En estos estudios preliminares o de factibilidad se determinará qué tipo de investigación es la más adecuada para la viabilidad del proyecto. Es requerido que para el tipo de estudio Tipo IV se realice un segundo estudio formal de diseño.

(b) **Análisis geotécnico** — El análisis varía, dependiendo del tipo de estructuras y queda a discreción del personal especializado y el panel de asesores. Las amenazas que no fueron mencionadas en los estudios Tipo I, II y III, están descritas en los siguientes párrafos.

(i) **Amenazas geológicas** — Se deberá identificar el sistema de fallas, tipo de fallas, desplazamientos, longitud, sismicidad local, criterios sobre posible actividad de estas, consulta de fracturas históricas en el área, interpretación de fotografías aéreas, estudios geofísicos para la delimitación de estas, realización de trincheras

(a) **Exploración de campo** — La campaña de exploración de campo se planificará dependiendo del tipo de estructuras, y su amplitud queda a discreción del equipo profesional responsable.

(b) **Análisis geotécnico** — El análisis varía, dependiendo del tipo de estructuras y queda a discreción del equipo profesional responsable. Las amenazas que no fueron mencionadas en los estudios Tipo I, II y III, están descritas en los siguientes párrafos.

(i) **Amenazas geológicas, hidrogeológicas y sísmicas** — Se deberá identificar el sistema de fallas, tipo de fallas, desplazamientos, longitud, sismicidad local, criterios sobre posible actividad de estas, consulta de fracturas históricas en el área, estudios geofísicos para la delimitación de estas, realización de trincheras para la comprobación en campo de posibles fracturas. Así mismo se podrán analizar las posibles amenazas hidrogeológicas. La amenaza sísmica se deberá estimar basada en lo establecido en la NSE 2.

(ii) **Amenazas geotécnicas** — Se deberá realizar un análisis según las características propias del terreno y del proyecto para la estimación de la susceptibilidad a la licuefacción según lo presentando en el capítulo 9 de esta norma y el análisis de estabilidad de taludes cuando éste sea necesario.

para la comprobación en campo de posibles fracturas.

(ii) **Licuefacción** — Se deberá realizar un análisis de la susceptibilidad a la licuefacción según lo presentando en el capítulo 9 de esta norma.

Tabla 4.5.1-1 – Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades mínimas recomendadas para edificaciones

Tabla 4.5.1-1 — Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades mínimas recomendadas para edificaciones ^[1]

Tipo de Obra	d _{max} (m)	Clasificación del tipo de sitio	
		T1 Profundidad (m)	T2 Profundidad (m)
Utilitarias	35	6	12
Ordinarias	30	12	25
Importantes	25	14	30
Esenciales	20	16	35

Tabla 4.5.1-1 — Distancias máximas entre puntos de reconocimiento y profundidades mínimas recomendadas para edificaciones ^[1]

Tipo de Obra	d _{max} (m)	Clasificación del tipo de sitio	
		T1 Profundidad (m)	T2 Profundidad (m)
Utilitarias	40	6	10
Ordinarias	35	8	12
Importantes	30	10	15
Esenciales	25	15	30

Tabla 4.5.1-2 – Puntos de reconocimiento por metros cuadrados de edificación y profundidades de exploración para edificaciones

Tabla 4.5.1-2 — Puntos de reconocimiento por metros cuadrados de edificación y profundidades de exploración para edificaciones ^{[1][2]}

Tipo de Obra	Clasificación del tipo de sitio	
	T1 Área por Sondeo (m ²) Profundidad (m)	T2 Área por Sondeo (m ²) Profundidad (m)
Utilitarias	500 0.75H	400 H
Ordinarias	400 0.75H	350 H
Importantes	400 0.75H	350 H
Esenciales	300 H	300 H

[1] Para estructuras de más de 25 m de altura, medidos a partir del nivel de calle, se podrá aplicar un factor de reducción de 0.75 a la profundidad de la exploración.

[2] El área por sondeo divide el área en planta del terreno. La profundidad de los sondeos debe ser medida desde la superficie natural del terreno.

donde:

- T1 y T2 son el tipo de sitio según lo indicado anteriormente
- Profundidad es la profundidad mínima de prospección
- H es la altura total de la estructura medida a partir de la cota de cimentación

Tabla 4.5.1-2 — Puntos de reconocimiento por metros cuadrados de edificación y profundidades de exploración para edificaciones ^[1]

Tipo de Obra	Clasificación del tipo de sitio	
	T1 Área por Sondeo (m ²)	T2 Área por Sondeo (m ²)
Utilitarias	1000	400
Ordinarias	750	350
Importantes	650	350
Esenciales	400	300

[1] El área por sondeo divide el área en planta del terreno.

donde:

- T1 y T2 son el tipo de sitio según lo indicado anteriormente

Sección 6.2 – Definición

6.2.2 Al emprender cualquier tipo de excavación se deberán tomar, como mínimo, los siguientes criterios:

(a) Realizar un estudio geotécnico y de estabilidad de taludes para toda excavación cuya altura exceda 2.00 m de profundidad.

(b) Al inicio de la excavación se debe preparar un documento legal en cuanto al estado del terreno ~~y terrenos colindantes, conjuntamente con el propietario o propietarios de los terrenos, lotes o edificaciones vecinas, cuando aplique.~~

6.2.3 En condiciones estáticas el factor de seguridad para excavaciones temporales será superior a 1.35 y para excavaciones permanentes será superior a 1.50. Para condiciones sísmicas el factor de seguridad será igual o superior a 1.10 para todos los casos.

~~**6.2.5** No se permitirá ninguna excavación vertical mayor a 2.00 m sin un estudio de estabilidad, y nunca se~~ se superará una altura mayor de 3.00 m para taludes verticales sin apuntalar. Se deberá proveer inclinación adecuada a cualquier excavación no apuntalada mayor a 3.00 m, con un mínimo de 30° respecto a la vertical (1.7V:1H).

6.2.2 Al emprender cualquier tipo de excavación se deberán tomar, como mínimo, los siguientes criterios:

(a) A criterio del Ingeniero responsable, se realizará un estudio geotécnico y de estabilidad de taludes para excavaciones cuya altura exceda 2.00 m de profundidad.

(b) Al inicio de la excavación se debe preparar un documento legal en cuanto al estado del terreno.

6.2.3 El factor de seguridad para excavaciones temporales en condiciones estáticas será igual o superior a 1.35 y para condiciones sísmicas igual o superior a 1.00. Mientras que para excavaciones permanentes en condiciones estáticas será superior a 1.50. y para condiciones sísmicas igual o superior a 1.10.

Los valores para los análisis dinámicos se deben obtener de lo expresado en las normas NSE 2 y 5.3.

6.2.5 No se permitirá que una excavación sobrepase una altura mayor de 3.00 m para taludes verticales sin apuntalar, salvo autorización del Ingeniero responsable. Se deberá proveer inclinación adecuada a cualquier excavación no apuntalada mayor a 3.00 m, con un mínimo de 30° respecto a la vertical (1.7V:1H).

Capítulo 7 – Estabilidad de laderas y taludes

7.4 En condiciones estáticas el factor de seguridad para taludes temporales será superior a 1.35 y para taludes permanentes será superior a 1.50. Para condiciones sísmicas el factor de seguridad será igual o superior a 1.10 en todos los casos.

7.4 El factor de seguridad para excavaciones temporales en condiciones estáticas será igual o superior a 1.35 y para condiciones sísmicas igual o superior a 1.00. Mientras que para excavaciones permanentes en condiciones estáticas será superior a 1.50. y para condiciones sísmicas igual o superior a 1.10.

Los valores para los análisis dinámicos se deben obtener de lo expresado en las normas NSE 2 y 5.3.

Anexo A – Clasificación del tipo de suelo

Tabla A-1 — Clasificación del tipo de suelo

Clase de suelo	Nombre Perfil de Suelo	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS PRIMEROS 30 METROS		
		Velocidad de onda de corte, \bar{v}_s (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, \bar{N}	Resistencia al corte del suelo no drenado, \bar{s}_v , (kPa)
A	Roca dura	$\bar{v}_s > 1524$	N/A	N/A
B	Roca	$762 < \bar{v}_s \leq 1524$	N/A	N/A
C	Suelo denso y roca suave	$366 < \bar{v}_s \leq 762$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_v \geq 13790$
D	Perfil de suelo rígido	$183 \leq \bar{v}_s \leq 366$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$6895 \leq \bar{s}_v \leq 13790$
E	Perfil de suelo suave	$\bar{v}_s < 183$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_v < 6895$
E	-	Cualquier perfil con más de 3 metros de suelo con las siguientes características: 1. Índice de plasticidad PI > 20, 2. Contenido de humedad $w \geq 40\%$, 3. Resistencia al corte de suelo no drenado < 24 kPa		
F	-	Cualquier perfil con contenido de suelo que tenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos vulnerables a fallas o colapsos bajo cargas sísmicas así como suelos licuables, arcillas altamente sensibles, suelos débilmente cementados. 2. Turbas y/o arcillas altamente orgánicas (H > 3 metros de turba o arcilla altamente orgánica) 3. Arcillas altamente plásticas (H > 8 metros con coeficiente de plasticidad P > 75) 4. Arcillas en estratos de gran espesor, suave/medio rígidas (H > 36 metros)		

Tabla A-1 — Clasificación del tipo de suelo

Clase de suelo	Nombre Perfil de Suelo	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS PRIMEROS 30 METROS		
		Velocidad de onda de corte, \bar{v}_s (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, \bar{N}	Resistencia al corte del suelo no drenado, \bar{s}_v , (kPa)
A	Roca dura	$\bar{v}_s > 1501$	N/A	N/A
B	Roca	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo denso y roca suave	$365 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_v \geq 100$
D	Perfil de suelo rígido	$185 \leq \bar{v}_s \leq 365$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{s}_v \leq 100$
E	Perfil de suelo suave	$\bar{v}_s < 185$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_v < 0$
E	-	Cualquier perfil con más de 3 metros de suelo con las siguientes características: 1. Índice de plasticidad PI > 20, 2. Contenido de humedad $w \geq 40\%$, 3. Resistencia al corte de suelo no drenado < 25 kPa		
F	-	Cualquier perfil con contenido de suelo que tenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos vulnerables a fallas o colapsos bajo cargas sísmicas, así como suelos licuables, arcillas altamente sensibles, suelos débilmente cementados. 2. Turbas y/o arcillas altamente orgánicas (H > 3 metros de turba o arcilla altamente orgánica) 3. Arcillas altamente plásticas (H > 8 metros con coeficiente de plasticidad P > 75) 4. Arcillas en estratos de gran espesor, suave/medio rígidas (H > 36 metros)		

NSE 2

Diseño Estructural de Edificaciones

30 de octubre de 2019

24 de febrero de 2020

Sección 4.5.1 – Parámetros básicos

(a) Son los parámetros S_{cr} y S_{1r} cuyos valores para el territorio de Guatemala están especificados en el Listado de Amenaza Sísmica por Municipios en Anexo A. La misma información, con menos detalle, puede obtenerse gráficamente del mapa de zonificación sísmica del país, Figura 4.5-1.

(a) Son los parámetros S_{cr} y S_{1r} cuyos valores para el territorio de Guatemala están especificados en el Listado de Amenaza Sísmica por Municipios en Anexo A.

Tabla 4.5.1 – Coeficientes de sitio F_a

Tabla 4.5-1 — Coeficientes de sitio F_a

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C [1]	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
E	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_a se tomará del suelo C.

Tabla 4.5-1 — Coeficientes de sitio F_a

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C [1]	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_a se tomará del suelo C.

Tabla 4.5.2 – Coeficientes de sitio F_v

Tabla 4.5-2 — Coeficientes de sitio F_v

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
D [1]	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7
E	3.3	2.8	2.6	2.4	2.2	2.2
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_v se tomará del suelo D.

Tabla 4.5-2 — Coeficientes de sitio F_v

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
D [1]	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_v se tomará del suelo D.

Sección 4.5.6 – Espectros genéricos probables

$$S_a(T) = S_{cd}$$

cuando $T_0 \leq T \leq T_S$ (4.5.6-1)

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd}$$

cuando $T > T_S$ (4.5.6-2)

$$S_a(T) = S_{cd} \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right]$$

cuando $T < T_0$ (4.5.6-3)

$$S_a(T) = S_{cd} \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right]$$

cuando $T < T_0$ (4.5.6-1)

$$S_a(T) = S_{cd}$$

cuando $T_0 \leq T \leq T_S$ (4.5.6-2)

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd}$$

cuando $T_L > T > T_S$ (4.5.6-3)

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T^2} * TL$$

cuando $T > T_L$ (4.5.6-4)

Tabla 4.6.2-2 – Factor N_a para periodos cortos de vibración

Tabla 4.6.2-2 — Factor N_a para periodos cortos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [2]		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.
 [2] Utilizar el mayor factor N_a obtenido al cotejar todas las fuentes relevantes.

Tabla 4.6.2-2 — Factor N_a para periodos cortos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [2]		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.0	1.0	1.0
B	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.
 [2] Utilizar el mayor factor N_a obtenido al cotejar todas las fuentes relevantes.

Tabla 4.6.2-3 – Factor N_v para periodos cortos de vibración

Tabla 4.6.2-3 — Factor N_v para periodos largos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [1] [2]			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.
 [2] Utilizar el mayor factor N_v obtenido al cotejar todas las fuentes relevantes.

Tabla 4.6.2-3 — Factor N_v para periodos largos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica [1] [2]			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.0	1.0	1.0	1.0
B	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

[1] Tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km.
 [2] Utilizar el mayor factor N_v obtenido al cotejar todas las fuentes relevantes.

Sección 9.3.8 – Manejo de esfuerzos laterales en los cimientos

(a) Para todos los niveles de protección sísmica, las cimentaciones sobre zapatas aisladas o zapatas combinadas para grupos de columnas y/o muros, deberán tener una solera de amarre perimetral, uniendo las zapatas más exteriores. La solera tendrá una resistencia en tracción y compresión tal que:

$$P_u \geq [0.10 S_{CD} P_y] \quad (9.3.8-1)$$

Donde:

- P_y es la segunda mayor carga axial de la combinación **CR2**, Sección 8.3.2, de entre las columnas de ese perímetro. Las soleras de amarre pueden localizarse sobre las zapatas siempre que estén directamente conectadas en corte a las zapatas y no a través del núcleo de las columnas o sus pedestales.

(a) Para todos los niveles de protección sísmica, las cimentaciones sobre zapatas aisladas o zapatas combinadas para grupos de columnas y/o muros, deberán tener una solera de amarre perimetral, uniendo las zapatas más exteriores. La solera tendrá una resistencia en tracción y compresión tal que:

$$P_u \geq [0.10 S_{CD} P_y] \quad (9.3.8-1)$$

Donde:

- P_y es la segunda mayor carga axial de la combinación **CR2**, Sección 8.3.2, de entre las columnas de ese perímetro. Las soleras de amarre pueden localizarse sobre las zapatas siempre que estén directamente conectadas en corte a las zapatas y no a través del núcleo de las columnas o sus pedestales.
- Nota: Este requisito podrá obviarse en suelos rocosos según clasificación de sitio AB como se menciona en 4.3.1, o para clasificación de sitio C y D siempre y cuando las zapatas tengan un factor de seguridad al deslizamiento superior a Ω_R de la Tabla 1.6.14-1 de NSE-3.

PROPUESTA DE MODIFICACION

Sección 9.3.8 – Manejo de esfuerzos laterales en los cimientos

(b) Para los niveles de protección D y E se instalará además del anillo prescrito en el inciso anterior, una retícula de soleras de amarre interconectando los cimientos centrales y éstos al perímetro. La retícula no necesita ser completa sino cada cimiento aislado conectará con al menos un cimiento vecino en cada dirección. La capacidad en compresión y en tracción de las soleras será la especificada en el inciso anterior, donde P_y es la segunda mayor carga axial de la combinación **CR2** de entre las columnas del sector central.

(b) Para los niveles de protección D y E se instalará además del anillo prescrito en el inciso anterior, una retícula de soleras de amarre interconectando los cimientos centrales y éstos al perímetro. La retícula no necesita ser completa sino cada cimiento aislado conectará con al menos un cimiento vecino en cada dirección. La capacidad en compresión y en tracción de las soleras será la especificada en el inciso anterior, donde P_y es la segunda mayor carga axial de la combinación **CR2** de entre las columnas del sector central. Este requisito podrá obviarse en suelos rocosos según clasificación de sitio AB como se menciona en la Sección 4.3.1, o para clasificación de sitio C y D siempre y cuando las zapatas tengan un factor de seguridad al deslizamiento superior a Ω_R de la Tabla 1.6.14-1 de NSE 3. La solera de amarre perimetral solicitada en el inciso (a) será obligatoria en Clases de sitio D independientemente del factor de seguridad al deslizamiento.

Anexo A – Listado de Amenaza Sísmica y Velocidad Básica del Viento por Municipios

Cambios en la estructura y contenido de la Tabla A-1 – Listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la República de Guatemala

NSE 3

Diseño Estructural de Edificaciones

30 de octubre de 2019

24 de febrero de 2020

Tabla 1.6.14-1 – Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismo-resistentes

TABLA 1.6.14-1 — (continuación)

SISTEMA ESTRUCTURAL Sección 1.6 [a]	Norma	R	Q _R	C _d	Limite de altura en metros					notas
					SL - sin limite	NP - no permitido	Nivel de protección			
					B	C	D	E		
E6 PÉNDULO INVERTIDO	1.6.7									
Concreto confinado		1.5	1.5	1.5	12	12	12	NP		
Acero con detalles sísmicos		1.5	1.5	1.5	12	12	12	NP		
OTROS	1.6.8									

TABLA 1.6.14-1 — (continuación)

SISTEMA ESTRUCTURAL Sección 1.6 [a]	Norma	R	Q _R	C _d	Limite de altura en metros					notas
					SL - sin limite	NP - no permitido	Nivel de protección			
					B	C	D	E		
E6 PÉNDULO INVERTIDO	1.6.7									
Concreto confinado		2	1.5	1.5	SL	SL	SL	15		
Acero con detalles sísmicos		2	1.5	1.5	SL	SL	SL	15		
OTROS	1.6.8									

Sección 2.1.3 – Coeficiente sísmico al límite de cedencia C_s

(a) El coeficiente sísmico (C_s) en cada dirección de análisis se establecerá de la manera siguiente:

(a) El coeficiente sísmico (C_s) en cada dirección de análisis se establecerá de la manera siguiente:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} \quad (2.1.3-1)$$

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R \cdot \beta_d} \quad (2.1.3-1)$$

Donde:

Donde:

- $S_a(T)$ es la demanda sísmica de diseño (pseudo-aceleración inducida en función del periodo) para una estructura con período T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio, según la probabilidad de ocurrencia requerida, en la Sección 4.5.6 de la NSE 2;
- R es el factor de reducción que se obtiene en la Sección 1.5.2 de esta norma;
- T es el período fundamental de vibración de la estructura según la Sección 2.1.9

- $S_a(T)$ es la demanda sísmica de diseño (pseudo-aceleración inducida en función del periodo) para una estructura con período T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio, según la probabilidad de ocurrencia requerida, en la Sección 4.5.6 de la NSE 2;
- R es el factor de reducción que se obtiene en la Sección 1.5.2 de esta norma;
- T es el período fundamental de vibración de la estructura según la Sección 2.1.9
- β_d se obtiene según la ecuación 2.1.4-4

Sección 2.1.4 – Valores mínimos de C_s

(a) Se verificará que el C_s obtenido con la Ecuación 2.1.3-1 cumpla con lo siguiente:

$$C_s \geq \frac{0.044S_{cd} F_d}{\beta_d} \geq 0.01 \quad (2.1.4-1)$$

Donde:

- La ecuación 2.1.4-2 aplica si el Índice de Sismicidad es igual a cuatro punto dos ($I_o = 4.2$);

(a) Se verificará que el C_s obtenido con la Ecuación 2.1.3-1 cumpla con lo siguiente:

$$C_s \geq \frac{0.45K_d F_d}{R\beta_d} \quad (2.1.4-2)$$

$$C_s \geq 0.044S_{cd} \geq 0.01 \quad (2.1.4-1)$$

$$F_d = \left[0.59 + \frac{4.77S_{1d}}{S_{cd}T_F R} \right] * \frac{1}{K_d} \quad (2.1.4-3)$$

$$C_s \geq \frac{0.75K_d S_{1r}}{R} \quad (2.1.4-2)$$

(b) La Ecuación 2.1.4-2 aplica si se cumple lo siguiente:

- T_F es el periodo fundamental obtenido por medio de la fórmula analítica de la Ecuación 2.1.8-1;

- $\frac{2}{3K_d} \leq F_d < 1$

$$S_{1r} \geq 0.6g \quad (2.1.4-3)$$

$$\beta_d = \frac{4}{1-\ln(\varepsilon)} \quad (2.1.4-4)$$

- ε es el amortiguamiento efectivo de la estructura, el cual debe ser tomado como 0.05. Para estructuras con sistemas de aislamiento en la base o amortiguadores, el amortiguamiento efectivo se designará según indicaciones del fabricante.

(b) La ecuación 2.1.4-2 aplica si el Índice de Sismicidad es igual a cuatro punto dos ($I_o = 4.2$):

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN

Sección 2.1.8 – Fórmula analítica del periodo fundamental de vibración T

(b) Un método aplicable es el de Rayleigh dado por la Ecuación 2.1.8-1:

$$T_F = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i u_i^2)}{g \sum_{i=1}^n (F_i u_i)}} \quad (2.1.8-1)$$

Donde:

- W_i peso sísmico efectivo del nivel "i"
- u_i desplazamiento horizontal del centro de masa del nivel "i". Estos desplazamientos laterales se pueden calcular ignorando los efectos de giro de la planta
- F_i fuerza estática equivalente para el nivel "i"
- g aceleración debida a la gravedad (9.81 m/s²)

(b) Un método aplicable es el de Rayleigh dado por la Ecuación 2.1.8-1:

$$T_F = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i u_i^2)}{g \sum_{i=1}^n (F_i u_i)}} \quad (2.1.8-1)$$

Donde:

- W_i peso sísmico efectivo del nivel "i"
- u_i desplazamiento horizontal del centro de masa del nivel "i". Estos desplazamientos laterales se pueden calcular ignorando los efectos de giro de la planta
- F_i fuerza estática equivalente para el nivel "i"
- g aceleración debida a la gravedad (9.81 m/s²)

Sección 3.3 – Respuesta modal – Primera iteración

3.3.1 Espectro sísmico para diseño

— El espectro para diseño será el obtenido al aplicar la Sección 4.5.5 de la NSE 2.

3.3.1 Espectro sísmico para diseño —

El espectro para diseño será el obtenido al aplicar la Sección 4.5.5 de la NSE 2, dividido dentro del factor βd De la sección 2.1.4.

Sección 3.3.7 – Calibración del análisis modal

(b) Los referentes de calibración serán los cortantes estáticos V_{EX} y V_{EY} calculados con la Ecuación 2.1.2-1, con los periodos T obtenidos conforme a lo indicado en la Sección 2.1.9 de esta norma. Por tanto, los cortantes basales dinámicos de diseño serán:

$$V_{DX} = \max(0.85V_{EX}, V_{1X}) \quad (3.3.7-1)$$

$$V_{DY} = \max(0.85V_{EY}, V_{1Y}) \quad (3.3.7-2)$$

(b) Los referentes de calibración serán los cortantes estáticos V_{EX} y V_{EY} calculados con la Ecuación 2.1.2-1, con los periodos T obtenidos conforme a lo indicado en la Sección 2.1.9 de esta norma. Por tanto, los cortantes basales dinámicos de diseño serán:

$$V_{DX} = \max(1.00V_{EX}, V_{1X}) \quad (3.3.7-1)$$

$$V_{DY} = \max(1.00V_{EY}, V_{1Y}) \quad (3.3.7-2)$$

Sección 4.1.2 – Demandas sísmicas

(ii) **Efectos de demandas sísmicas verticales:** Los efectos de las cargas axiales, de flexión, de corte y de torsión derivados de demandas sísmicas verticales se obtendrán de la Ecuación 4.1.2-2:

$$S_V = 0.20S_{cs}M \quad (4.1.2-2)$$

Donde:

- S_{cs} es la ordenada espectral de período corto, Ecuación 4.5.2-1, Sección 4.5.5 de la NSE 2.
- M es la notación genérica para las cargas muertas de la estructura.
- S_v se tomará positivo en las combinaciones CR4 y CS4 y se tomará negativo en CR5 y CS5.

(ii) **Efectos de demandas sísmicas verticales:** Los efectos de las cargas axiales, de flexión, de corte y de torsión derivados de demandas sísmicas verticales se obtendrán de la Ecuación 4.1.2-2:

$$S_V = 0.20S_{cd}M \quad (4.1.2-2)$$

Donde:

- S_{cd} es la ordenada espectral de período corto, Ecuación 4.5.2-1, Sección 4.5.5 de la NSE 2.
- M es la notación genérica para las cargas muertas de la estructura.
- S_v se tomará positivo en las combinaciones CR4 y CS4 y se tomará negativo en CR5 y CS5.

FIN NSE 3
