

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

Título H



Asociación Colombiana
de Ingeniería Sísmica



Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

Antecedentes, Participantes y Comparación con NSR-98

Título H

Antecedentes

Sobre la versión inicial del Título H de la NSR 98 redactada por los Ingenieros Augusto Espinosa Silva y Álvaro Jaime González García, se modificó y redactó la presente versión, con el trabajo conjunto y ad-honorem a cargo del Subcomité de Estudio Geotécnicos de la Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS) y de la Comisión de Normatividad de la Sociedad Colombiana de Geotecnia (SCG).

El estilo de la nueva versión es de CODIGO y no de CODIGO-MANUAL, como la versión NSR 98. Es decir, se reducen las fórmulas y métodos sugeridos al mínimo posible.

Ingenieros Participantes

Juan Manuel Martínez Rodríguez
Jorge Alberto Rodríguez Ordoñez
Mario Camilo Torres Suárez
José Vicente Amórtegui Gil
Guillermo Ángel Reyes
Bernardo Vieco Quiroz

Álvaro Jaime González García
Germán Villafañe Ricci
Jorge Enrique Flechas Forero
Edgar Eduardo Rodríguez Granados
Jacobo Ojeda Moncayo

COMPARACIÓN CON NSR-98

NSR-98	NSR-10
Capítulo H.1: Introducción	Capítulo H.1: Introducción
Capítulo H.2: Definiciones y contenido	Capítulo H.2: Definiciones
Capítulo H.3: Investigación del subsuelo	Capítulo H.3: Caracterización geotécnica del subsuelo
Capítulo H.4: Diseño geotécnico: H.4.1 Cimentaciones H.4.2 Estructuras de contención H.4.3 Excavaciones H.4.4 Estabilidad de taludes	Capítulo H.4: Cimentaciones Capítulo H.5: Excavaciones y estabilidad de taludes Capítulo H.6: Estructuras de contención
Capítulo H.5: Suelos licuables y otros efectos sísmicos	Capítulo H.7: Evaluación geotécnica de efectos sísmicos
Capítulo H.6: Suelos con características especiales Capítulo H.7: Vegetación	Capítulo H.8: Procedimientos constructivos de cimentaciones, excavaciones y muros de contención Capítulo H.9: Condiciones geotécnicas especiales Capítulo H.10: Rehabilitación sísmica de edificios: Amenazas de origen sismo-geotécnico y reforzamiento de cimentaciones

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.1 INTRODUCCIÓN

A grey seismic waveform graphic is positioned at the bottom of the green rectangular area, extending across its width.

Título H

H.1-Introducción

- **OBLIGATORIEDAD**
En todas las construcciones urbanas
En construcciones rurales grupos II, III, IV
- **FIRMA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**
Por Ingenieros civiles especializados en geotecnia
con mínimo 5 años de experiencia
- **RESPONSABILIDAD**
Ampliación de los estudios según el ingeniero
geotecnista

H.1-Introducción

- Se elimina el Apéndice H-1 (Procedimiento Alternativo para la Definición de Efectos Locales) y se integra al Título A (A.2.4) como procedimiento único de evaluación para obtención de espectros.
- Se elimina el procedimiento de evaluación de espectro de NSR98, con S1, S2, S3, S4 y la forma del espectro anterior.

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.2

DEFINICIONES

Título H

- FACTORES DE SEGURIDAD

Básico (F_{SB})

Indirecto (F_{SI})

- TIPOS DE SUELOS

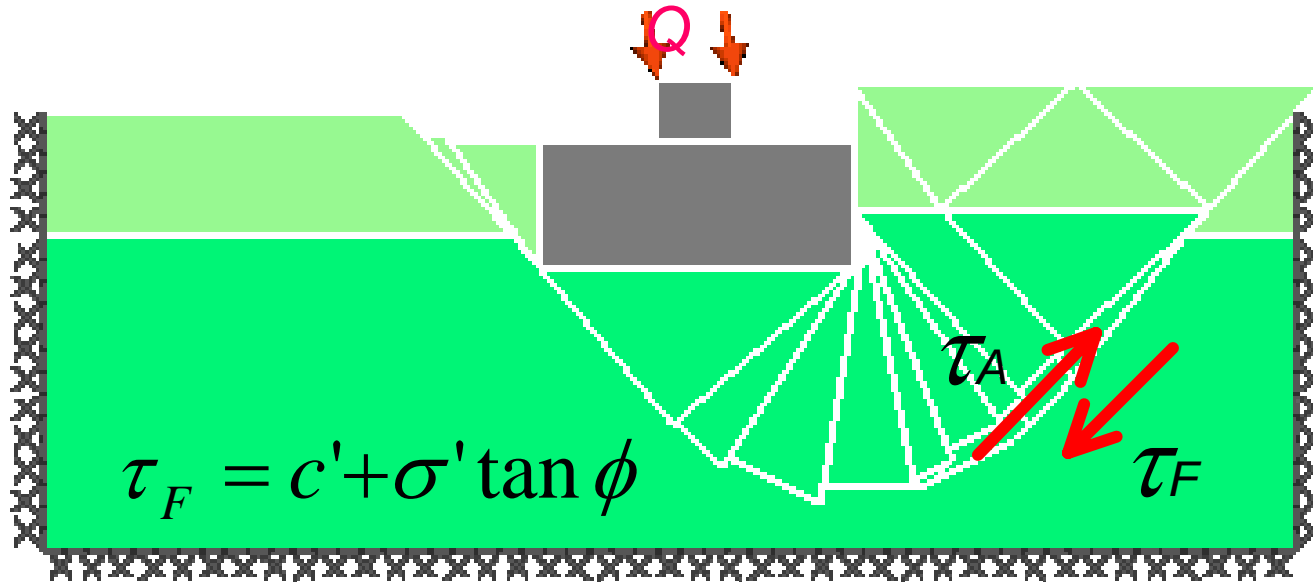
Granulares ($PT_{200} < 30\%$, $wL < 30\%$, $IP < 10\%$)

Cohesivos

Factor de Seguridad Básico F_{SB}

$$F_{SB} = \frac{\tau_F}{\tau_A}$$

Resistencia al corte efectiva



Factor de Seguridad Básico Mínimo F_{SBM}

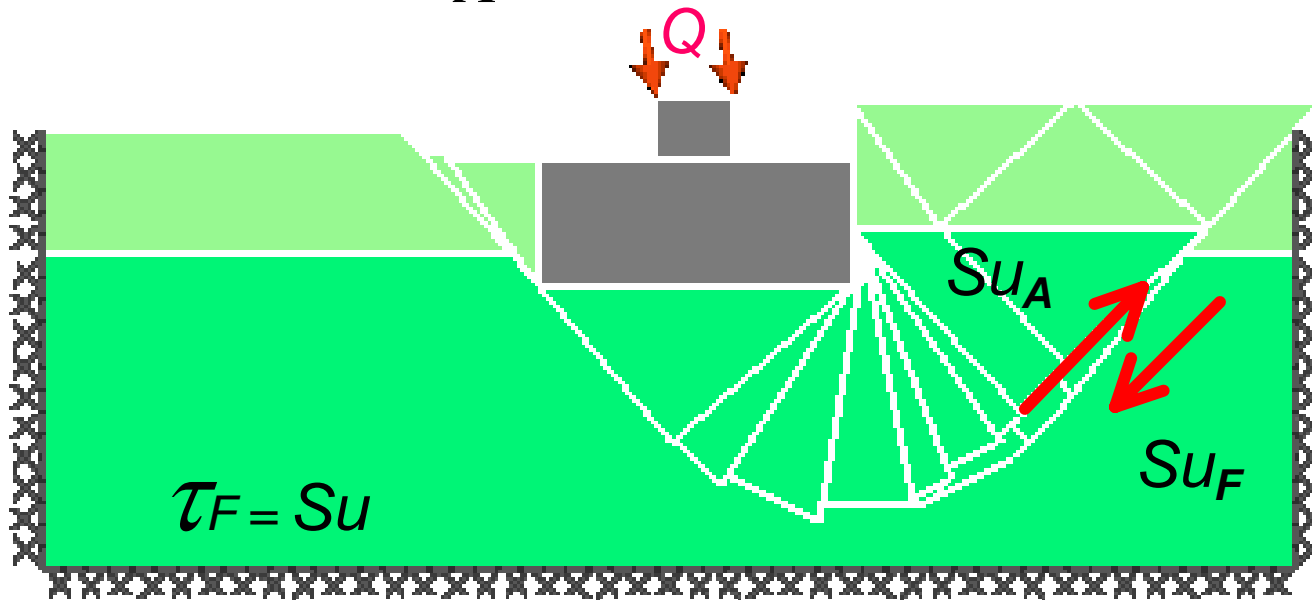
Condición	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo-estático	1.10	1.00*
Talud Condición Estática + Agua Normal	1.50	1.25
Talud Condición Estática + Agua Normal + Sismo de Diseño Seudo-estático	1.05	1.00*

* Con el 50% del Coeficiente Sísmico para construcción

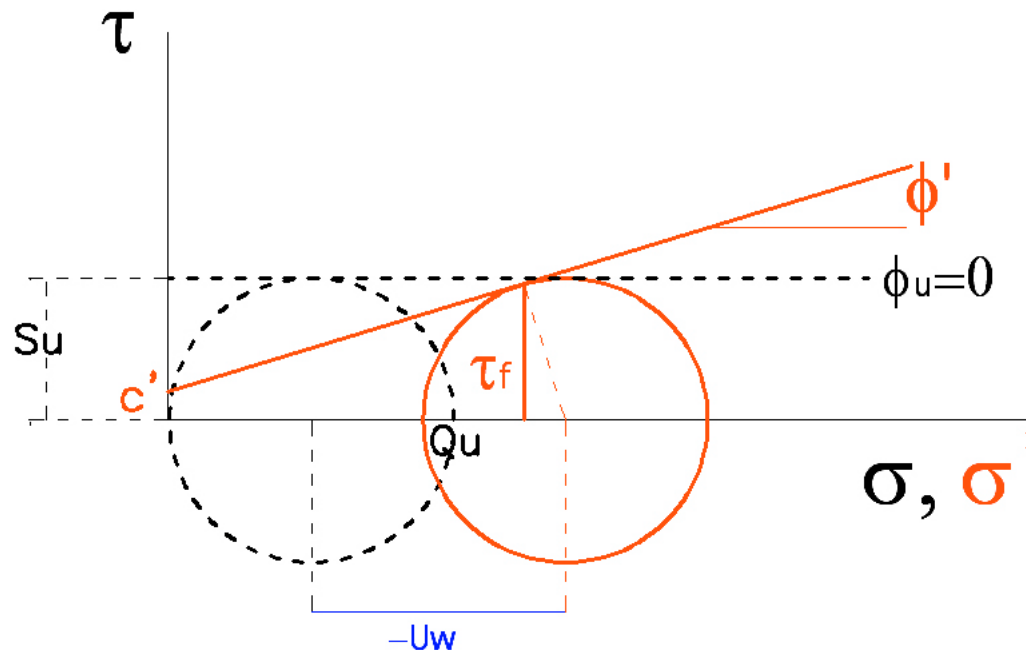
Factor de Seguridad Básico F_{SBU}

$$F_{SBU} = \frac{Su_F}{Su_A}$$

Resistencia al corte no drenada



S_u es un comportamiento aparente



$$\frac{1}{2} Q_u = S_u = \frac{c' \cos \phi' + p' \sin \phi' [K_o + A_f (1 - K_o)]}{1 + (2A_f - 1) \sin \phi'} \quad (\text{Skempton y Bishop, 1954})$$

H.2-Definiciones

Resistencia No Drenada S_u

SÓLO SE ACEPTA S_u

- En materiales cohesivos saturados, no fisurados
- Análisis Estáticos de cimentaciones superficiales y profundas
- Análisis de taludes temporales o falla de fondo temporal

NO SE ACEPTA S_u

- En materiales no saturados o fisurados
- Problemas de relajación de esfuerzos
- Análisis de estabilidad de taludes
- Empujes de tierras
- Análisis pseudo-estáticos y dinámicos

Factor de Seguridad Básico Mínimo F_{SBUM}

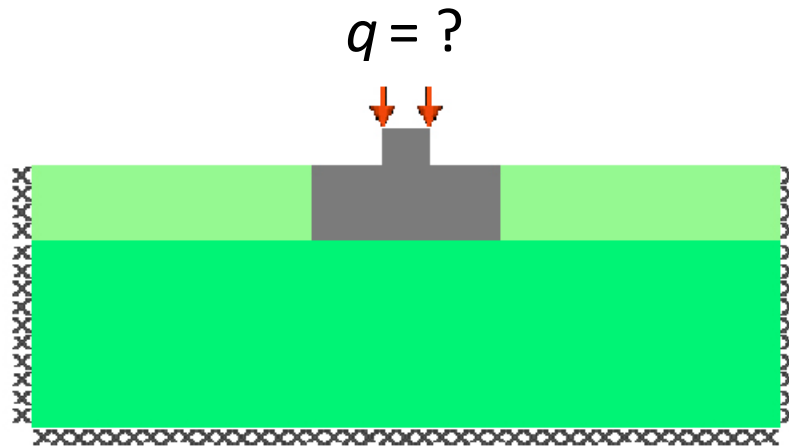
Condición	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo-estático	No se permite	No se permite
Talud Condición Estática Temporal + Agua Normal	1.80	1.40*
Talud Condición Estática + Agua Normal + Sismo de Diseño Seudo-estático	No se permite	No se permite

* Con el 50% del Coeficiente Sísmico para construcción

Factor de Seguridad Indirecto F_{SI}

- Corresponde a los antiguos factores globales de seguridad en zapatas, pilotes, estructuras de contención, taludes, etc.
- Se especifican en cada uno de los capítulos particulares
- Deben cumplirse siempre los F_{SBM} y F_{SBUM}

Factor de Seguridad Indirecto F_{SI}



$$q_f = 81.10 \times 4 + 0.5 \times 18 \times 9.01 + 18 \times 0.4 \times 124.32$$

$$= 282.2 \text{ kPa}$$

$$F_{SI} = 3 \quad q_d = 282.2 / 3 = 94.06 \text{ kPa}$$

$$q_d \text{ adoptado} = 90 \text{ kPa} - F_{SI} = 3.135$$

$$F_{SB} = 1.638 > 1.50 \text{ OK}$$

$$B = 1.0 \text{ m}$$

$$D = 0.4 \text{ m}$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 6 \text{ kPa} \quad \phi' = 25^\circ$$

$$P' = 160 \text{ kPa} - Af = 0.8$$

$$K_o = 0.577$$

$$Nq = 124.32$$

$$Nc = 81.10$$

$$Ng = 9.01$$

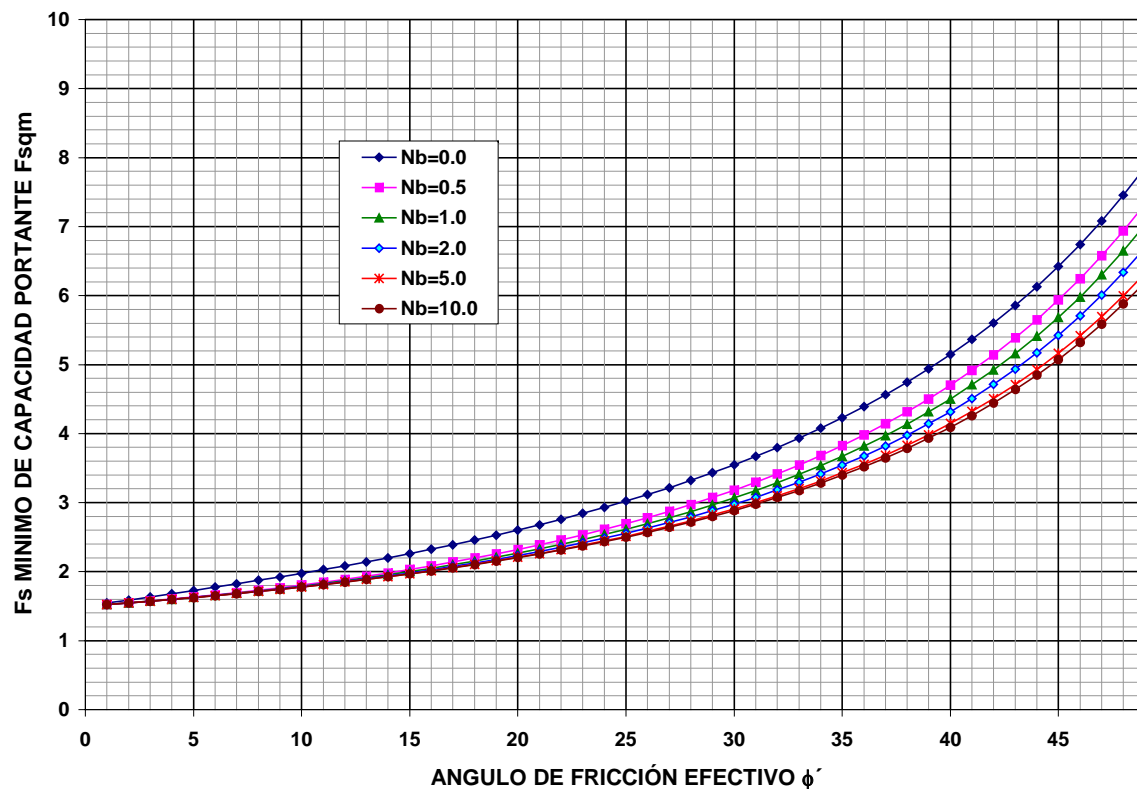
$$c' \text{ diseño} = 3.66 \text{ kPa}$$

$$\phi' \text{ diseño} = 15.88^\circ$$

H.2-Definiciones

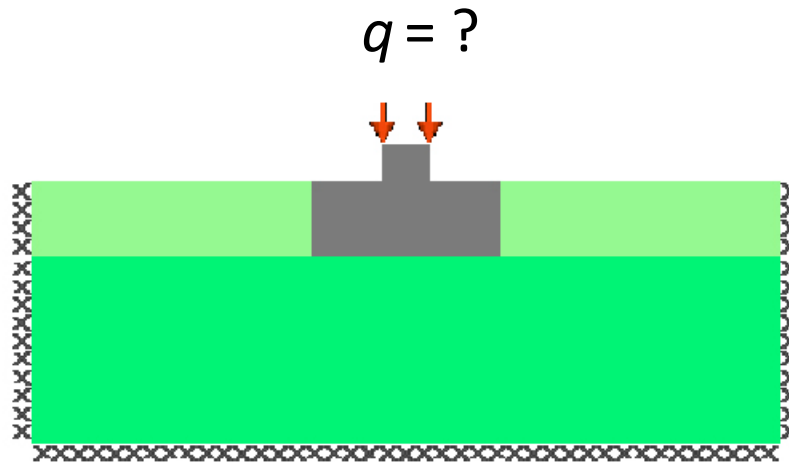
Factor de Seguridad Indirecto F_{SI}

FACTOR DE SEGURIDAD DE CAPACIDAD PORTANTE- EJEMPLO
PARA $F_{SBM}=1.5$; $N_d = D/B = 0.4$



NO SIEMPRE $F_{SI} = 3.0$ RESULTA EN $F_{SB} > 1.5$

Factor de Seguridad Indirecto F_{SUI}



$$q_f = 5.14 \times 53.7 + 0.4 \times 18$$

$$= 283.4 \text{ kPa}$$

$$F_{SI} = 3 \quad q_d = 283.4 / 3 = 94.47 \text{ kPa}$$

$$q_d \text{ adoptado} = 90 \text{ kPa} - FSI = 3.149$$

$$F_{SBU} = 3.336 > 1.80 \text{ OK}$$

$$B = 1.0 \text{ m}$$

$$D = 0.4 \text{ m}$$

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$S_u = 53.7 \text{ kPa}$$

$$Su \text{ diseño} = 16.10 \text{ kPa}$$

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.3 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

Título H

H.3- Caracterización Geotécnica

Criterios de Exploración

- Se simplifica la definición de la exploración geotécnica
 - Se elimina la variabilidad del subsuelo
 - Redefinición de la Unidad de Construcción
 - Categorías de proyecto
 - Número y profundidad de sondeos
- Ensayos de campo y laboratorio

H.3-Characterización Geotécnica

Unidad de Construcción

- Una edificación aislada en altura
- Cada zona separada por juntas
- Cada fracción de proyecto con alturas, cargas o niveles de excavación diferentes
- Construcciones adosadas de categoría Baja, hasta una longitud máxima de 80 m
- Grupo de construcciones adosadas de otras categorías, cuya longitud máxima no exceda 40 m

H.3-Caracterización Geotécnica

Unidad de Construcción

Para los casos donde el proyecto exceda las longitudes anotadas, se deberá fragmentar en unidades de construcción por longitudes o fracción

H.3-Characterización Geotécnica

Unidad de Construcción

Categorías (se adopta la más alta)

Categoría de la Unidad de Construcción	Según Número de Niveles de Construcción	Según Cargas Máximas de Servicio CMS en Columnas, kN
Baja	Hasta 3	$CMS < 800$
Media	Entre 4 y 10	$801 < CMS < 4,000$
Alta	Entre 11 y 20	$4,001 < CMS < 8,000$
Especial	Mayor de 20	$CMS > 8,000$

H.3-Characterización Geotécnica

Número de Sondeos por Unidad de Construcción

CATEGORÍA DE LA UNIDAD DE CONSTRUCCIÓN				
SONDEOS	BAJA	MEDIA	ALTA	ESPECIAL
Profundidad mínima Z, m	6	15	25	30
Número mínimo	3	3	4	5

H.3-Caracterización Geotécnica

Efecto de Repetición

Para unidades similares en el mismo proyecto, se considerará el 50% para la segunda unidad y siguientes

Ejemplo: Tres Edificios de Categoría Alta

1er Edificio = 4 sondeos

2do Edificio = 2 sondeos

3er Edificio = 2 sondeos

Total = 8 sondeos

H.3-Characterización Geotécnica

Ejemplo 1



8 edificios de 5 a 7 niveles
Cargas 1,000-1,500 kN

7 UC - Categoría Media

Sondeos: 3 por UC#1, 1.5
por c/u siguiente, Z=15m

TOTAL: 12 SONDEOS
PROF. MINIMA = 15m

H.3- Caracterización Geotécnica Ejemplo 2



2 edificios de 25 niveles
Cargas 8,000-10,000 kN
1 plataforma de 3 niveles
Cargas 2,000-3,500 kN

2 UC- Categoría Especial
Sondeos: 5 por UC#1, 3.5 (4)
por UC#2, Z= 30m

2 UC - Categoría Media
Sondeos: 3 por UC #3, Z=15m

TOTAL: 12 SONDEOS
9 SONDEOS, Z = 30m
3 SONDEOS, Z = 15m

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.4 CIMENTACIONES

Título H

H.4 Cimentaciones

Criterios y Verificaciones

- Definición de criterios
 - Límite de falla - factores de seguridad
 - Límite de servicio- deformaciones
- Verificación del Estado Límite de Falla con los Factores de Seguridad indirectos
- Verificación del Estado Límite de Servicio mediante la aplicación de los criterios de asentamientos totales y diferenciales

Factores de Seguridad Indirectos F_{SICP}

Cimentaciones superficiales y capacidad por punta en profundas

CONDICIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO MÍNIMO
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3.0
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2.5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo-estático	1.5

Para fricción en cimentaciones profundas usar F_{SL} mínimo = F_{SBM}

H.4 Cimentaciones

Reducción de F_{SICP} con Pruebas de Carga en Pilotes

Será posible reducir hasta en un 20% los factores de seguridad indirectos, mediante ensayos de carga según número mínimo de pruebas de carga

CATEGORÍA	NÚMERO DE PRUEBAS
Baja	≥ 1
Media	≥ 2
Alta	≥ 3
Especial	≥ 5

Límites de Asentamientos Totales

- Asentamientos Máximos Totales a 20 años
 - Construcciones aisladas = 30 cm
 - Construcciones entre medianeros = 15 cm
- Sin afectar funcionalidad de estructuras vecinas y/o infraestructura

Límites de Giro

Giro máximo = $\theta / 250$

Límites de Asentamientos Diferenciales

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DISTORSIÓN ANGULAR
Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	// 1000
Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	// 500
Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	// 300
Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	// 160

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.5 EXCAVACIONES Y ESTABILIDAD DE TALUDES

Título H

Excavaciones

- Estado Límite de Falla
 - Estabilidad de taludes de excavación para edificaciones
 - Falla de fondo
 - Estabilidad de estructuras vecinas
- Estado Límite de Servicio
 - Expansiones instantáneas y diferidas por descarga
 - Asentamiento del terreno natural adyacente a las excavaciones

Laderas Naturales o Intervenidas

- Reconocimiento
- Consideraciones generales
- Secciones de Análisis
- Presiones de Poros
- Coeficientes sísmicos de diseño $K_{st}/a_{m\acute{a}x}$
- Usar Factores de Seguridad Básicos F_{SBM}

Laderas Naturales o Intervenidas

- Coeficientes sísmicos de diseño $K_{st}/a_{m\acute{a}x}$

MATERIAL	$K_{st}/a_{m\acute{a}x}$ Mínimo	Análisis de amplificación
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados	0.80	Ninguno
Macizos rocosos	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	1D en dos columnas
Todos los materiales térreos	0.50	2D

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

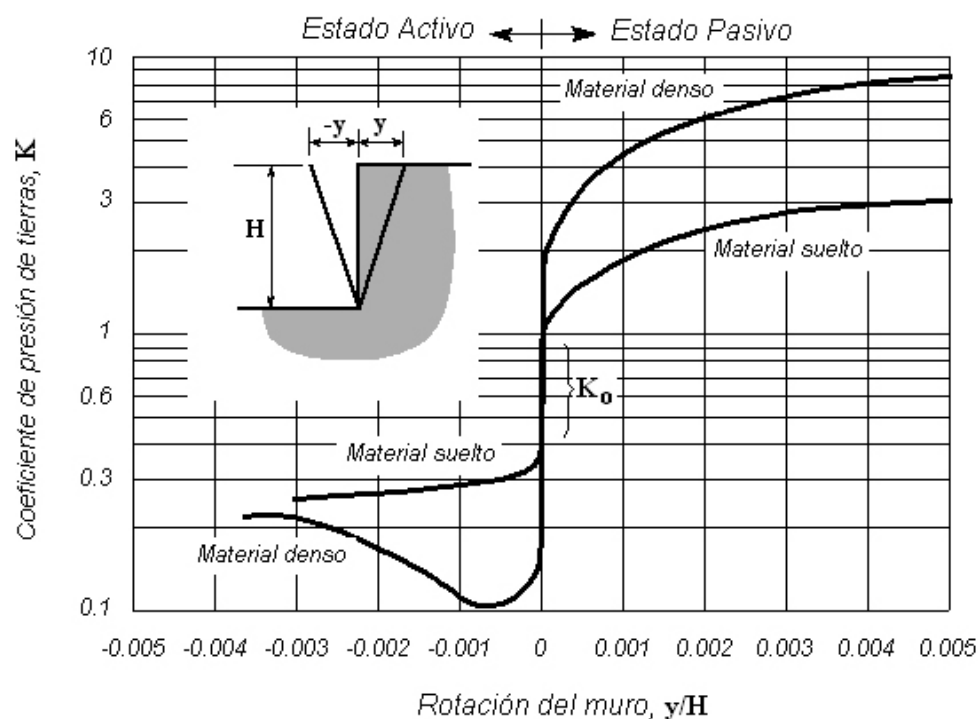
CAPITULO H.6 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Título H

- Estados límite de falla y límite de servicio
- Consideraciones de diseño
- Presiones de Tierra
- Cargas por empujes de tierra, agua, fuerzas externas y sismo
- Capacidad ante falla
- Factores de seguridad indirectos

H.6-Estructuras de Contención

Presión de Tierras



Tipo de suelo	Estado activo	Estado pasivo
Granular denso	0.001 H	0.020 H
Granular suelto	0.004 H	0.060 H
Cohesivo firme	0.010 H	0.020 H
Cohesivo blando	0.020 H	0.040 H

Factores de Seguridad Indirectos

Condición	Construcc.	Estático	Sismo	Seudo- estático
Deslizamiento	1.60	1.60	Diseño	1.05
Volcamiento (el más crítico) - Mom. Resistente/ Mom. Actuante - Excentricidad en el sentido del momento (e/B)	≥ 3.00 $\leq 1/6$	≥ 3.00 $\leq 1/6$	Diseño Diseño	≥ 2.00 $\leq 1/4$
Capacidad Portante	F_{SICP} - Tabla H.4.7.1			

H.6-Estructuras de Contención

Factores de Seguridad Indirectos

Condición	Construcc.	Estático	Sismo	Seudo-estático
Estabilidad Intrínseca materiales térreos (con o sin refuerzo)	Tabla H.2.4.1			
Estabilidad Intrínseca materiales manufacturados	Según material (Concreto: Título C, Madera: Título G, etc.)			
Estabilidad general				
-Permanente (> 6 meses)	1.20	1.50	Diseño	1.05
-Temporal (< 6 meses)	1.20	1.30	50% Diseño	1.00
Laderas adyacentes (zona de influencia >2.5H)	1.20	1.50	Diseño	1.05

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.7 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE EFECTOS SÍSMICOS

Título H

H.7-Evaluación Geotécnica de Efectos Sísmicos

- Evaluación de movimientos del terreno por sismo
 - Efectos de litología, tipo de suelo, tipo de solicitación sísmica, condiciones topográficas y tipo de ondas
- Análisis dinámico
- Análisis de estabilidad (*del terreno y de estructuras*)
- Licuación
 - Licuación de flujo, movilidad cíclica y volcanes de arena,
 - Susceptibilidad a la licuación
 - Métodos de evaluación del potencial de licuación
 - Métodos de mejoramiento de los depósitos susceptibles a la licuación

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.8

SISTEMA CONSTRUCTIVO DE EXCAVACIONES, CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

Título H

H.8-Sistema Constructivo de Excavaciones, Cimentaciones y Estructuras de Contención

- Complementario al Estudio de Suelos
- Proceso de excavación y secuencia constructiva de la subestructura
- Control de aguas
- Construcción de Cimentación
- Medidas de control, Instrumentación y tolerancias
- Métodos alternos

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.9

CONDICIONES GEOTÉCNICAS ESPECIALES

Título H

H.9- Condiciones Geotécnicas Especiales

- Suelos expansivos
- Suelos erodables y dispersivos
- Suelos colapsables
- Efectos de la vegetación sobre las estructuras y las laderas

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

CAPITULO H.10

**REHABILITACIÓN SÍSMICA DE EDIFICIOS:
AMENAZAS DE ORIGEN SISMO-
GEOTÉCNICO Y REFORZAMIENTO
DE CIMENTACIONES**

Título H

H.10-Rehabilitación Sísmica de Edificios, Amenazas y Reforzamiento de Cimentaciones

- Criterios para la aceptabilidad de la cimentación
- Medidas de mitigación frente a amenazas potenciales por:
 - Licuación
 - Deslizamientos
 - Caída de rocas
 - Avalanchas e inundaciones
 - Asentamientos

Seminario

Nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR - 10

Algunas Conclusiones

Título H

ALGUNAS CONCLUSIONES

- Avances con relación al NSR-98, en especial en nuevos aspectos de: factores de seguridad, exploración, estabilidad de taludes, efectos sísmicos y en temas nuevos de sistemas constructivos y rehabilitación de edificios
- Simplificaciones en algunos aspectos
- Mayor complejidad en otros
- Dado que los códigos son dinámicos, se requieren aportes de toda la comunidad de construcción y diseño

Mil gracias