

"El documento original tiene pendiente a desarrollar los capítulos 4, 5 y 7 (ver índice)"

CAPITULO 6

CONDICION DEL TERRENO

6.1 Criterio básico

6.1.1 *Localización de edificaciones*

Las obras y edificaciones sólo se construirán sobre terrenos que tengan baja probabilidad de quedar sujetos durante su vida útil a inestabilidad por causa directa o indirecta de fracturas geológicas, sismos, derrumbes, deslizamientos, licuación del suelo, agentes meteorológicos u otras fallas estructurales de la masa de suelo. Sólo se construirán en terrenos que tengan una baja probabilidad de quedar soterrados por inestabilidad de terrenos próximos.

Las excepciones a este criterio de diseño, si las hay, estarán específicamente consignadas en este capítulo.

6.1.2 *Redes de infraestructura*

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

6.1.3 *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 6.1.1.

De no estar disponible una microzonificación municipal, el proyectista se sujetará a las disposiciones de la sección 6.3.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

6.2 Lineamientos para microzonificación municipal

(pendiente de redacción)

6.3 Criterios de microzonificación

Dentro de las macrozonas sísmicas definidas en el inciso 3.2.1 de esta norma, 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 naturales especiales, el proyectista atenderá los siguientes criterios para establecer Zonas de Precaución, tomará precauciones especiales de ser necesario conforme al Nivel de Protección requerido para el proyecto, e informará por escrito 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.

6.3.1 Zonas de Precaución con Índice de Sismicidad $I_0 = 5$

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, playas;

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

6.3.2 Flancos de barrancos

Será Zonas de Precaución toda la porción de terreno que quede dentro de un plano de 45° levantado desde el fondo del barranco. Se recomienda tomar en cuenta el peligro de

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

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 geotécnico. Los parámetros de aceleración sísmica de diseño se incrementarán en 33% dentro de la Zona de Precaución.

6.3.3 *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 terreno pertinentes. Los parámetros de aceleración se incrementarán por lo menos en 17% dentro de la Zona de Precaución.

6.3.4 *Franjas de terreno fisuradas o falladas*

Como estas zonas rara vez son identificables a simple vista, la identificación de la Zona de Precaución se desprenderá de los estudios geotécnicos requeridos para cada tipo de obra en el inciso 6.4.1 (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 33% dentro de la Zona de Precaución que se estableciera.

6.3.5 *Arenales y suelos granulares saturados*

El peligro por identificar es licuación del terreno durante sismos prolongados. Como relativamente pocos suelos granulares saturados son susceptibles de licuación, la identificación de la Zona de Precaución se desprenderá de los estudios geotécnicos requeridos para cada tipo de obra en el inciso 6.4.1. El dictamen geotécnico/geológico indicará las áreas de veda o limitación de uso de terreno que se consideren pertinentes, si

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

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.

6.3.6 Litorales, riberas y playas

Los peligros por considerar son maremoto (tsunami), seiche, crecidas e inundaciones.

6.4 Estudios y dictámenes geotécnicos

6.4.1 Preparación de informes

Exista o no alguna información respecto de la microzona de interés, el diseñador deberá preparar la documentación y efectuar o solicitar los estudios o dictámenes geotécnicos especificados en este inciso, según la clasificación de la obra que se indica en la sección 1.3. de la norma NR-1. Los dictámenes y/o recomendaciones formaran parte del expediente de licencia de construcción municipal.

- (a) Para Obras Utilitarias, definidas en el inciso 1.3.5 de la norma NR-1, no se requerirá estudios o dictámenes geotécnicos. Si en la obra se guardan mercaderías o valores económicos, estos estudios se harán de acuerdo con el interés del propietario.
- (b) Para Obras Ordinarias, definidas en el inciso 1.3.4 de la norma NR-1, será obligatorio el Estudio Tipo I. Cuando la construcción esté proyectada para construirse dentro de una microzona $I_0 = 5$, el diseñador quedará obligado a recomendar por escrito si se procede o no con un estudio tipo IV.
- (c) Para las Obras Importantes, definidas en el inciso 1.3.3 de la norma NR-1, será obligatorio como mínimo un Estudio Tipo II, pero el ingeniero estructural podrá requerir un Estudio Tipo III. Si el proyecto queda localizado en microzona $I_0 = 5$, el ingeniero civil geotecnista deberá emitir opinión escrita sobre la necesidad, o no, de efectuar un estudio Tipo IV.
- (d) Para las Obras Esenciales, definidas en el inciso 1.3.2 de la norma NR-1, será obligatorio un informe completo que cubra todos los conceptos involucrados en los estudios Tipo I, II, III y IV. La única circunstancia por la cual el alcance de este informe puede ser reducido, es por opinión del ingeniero civil geotecnista con aprobación escrita del ingeniero estructural y aceptación escrita del propietario.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

- (e) Para las Obras Críticas, definidas en el inciso 1.3.1 de la norma NR-1, será obligatorio un informe completo que cubra todos los conceptos involucrados en los estudios Tipo I, II, III, IV y V. El informe deberá incluir análisis teórico, ensayos de laboratorio y pruebas de campo, por parte del ingeniero civil geotecnista.

6.4.2 Clasificación de dictámenes geotécnicos

- (a) **Tipo I:** informe escrito del ingeniero o del ingeniero civil geotecnista si fuera necesario, a juicio del primero.
- (b) **Tipo II:** verificación geológica del área general e investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista, para determinar la capacidad portante del mismo, el tipo de material por encontrar con la presentación de perfiles estratigráficos, profundidad recomendable para cimentar, tipos de cimentación recomendable, empujes laterales y recomendaciones de estabilidad de cortes verticales mayores de 2.0 m durante la construcción (si los hubiere).
- (c) **Tipo III:** investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista, característica para el diseño de estructuras especiales que requieran la evaluación de interacción suelo-estructura, o para cimentaciones especiales que deban estudiarse en conjunto con el comportamiento elástico del subsuelo, tales como placas de cimentación, vigas en soporte elástico, pilotes o similar.
- (d) **Tipo IV:** investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista, con el soporte eventual del ingeniero geólogo o geofísico, en problemas tales como estudios de estabilidad de taludes, presencia de fallas geológicas, densificación de arenas por efectos sísmicos, problemas de posible licuación del suelo en arenas o arenas limosas, cimentación en arcillas, especialmente cuando se encuentren en riberas lacustres o marítimas, otros casos de cimentación en suelos problemáticos y en formaciones geológicas problemáticas. Esta investigación hará énfasis particular en las características dinámicas del suelo de cimentación
- (e) **Tipo V:** investigación del subsuelo a cargo del ingeniero civil geotecnista que requiera la participación activa del ingeniero geólogo y/o geofísico, como en el caso IV pero para obras de mayor complejidad y dimensiones.

CAPITULO 8

CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

8.1 Requisitos generales

8.1.1 Alcances

Una estructura deberá resistir el conjunto de cargas permanentes y de cargas frecuentes a las que se vea sujeta, incluyendo cargas muertas, cargas vivas y empujes varios. Además deberá soportar las cargas de sismo, viento y otras cargas esporádicas especificadas en los capítulos 3, 4 y 5.

Este capítulo especifica cargas vivas, y ofrece lineamientos para integrar otras cargas. También especifica las combinaciones de carga que es necesario hacer para obtener un diseño satisfactorio de la estructura.

8.1.2 Aplicación

Para que este capítulo sea aplicable, el sitio del proyecto debe satisfacer todos los requisitos de factibilidad de construcción especificados en el capítulo 6.

La aplicabilidad del capítulo 7 es requisito previo al uso de las normas NR-3, NR-4 ó NR-5.

Cuando se trate de obra existente, este capítulo se aplicará conforme a lo indicado en la norma NR-6.

8.2 Cargas muertas

8.2.1 Definición

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción incluyendo la estructura en sí, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos,

equipo permanente rígidamente anclado. Las fuerzas netas de pre-esfuerzo también se consideran cargas muertas

8.2.2 Memoria de diseño

Los pesos unitarios y otras suposiciones afines acerca de la carga muerta se dejarán consignadas en la memoria de diseño.

8.2.3 Peso de los materiales

Para el cálculo se utilizarán valores representativos medios de los pesos de los materiales. El ingeniero estructural tendrá presente que no es necesariamente conservador tomar pesos unitarios en exceso de los valores reales.

8.2.4 Tabiques y particiones

Los tabiques y particiones interiores no incorporados al sistema estructural deberán incluirse como cargas uniformemente distribuidas sobre el entrepiso, tomando en cuenta el peso unitario de los mismos y su densidad de construcción.

8.2.5 Cerramientos y vidrieras

Las paredes exteriores de cierre, sillares, vidrieras, balcones y otros cerramientos perimetrales deberán incluirse como cargas lineales uniformemente distribuidas sobre el perímetro del entrepiso, tomando en cuenta el peso unitario de los mismos y su densidad de construcción.

8.2.6 Equipos fijos

Los equipos fijos rígidamente sujetos a la estructura de deberán considerar carga muerta.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

8.2.7 Equipos pesados

Los equipos fijos cuyo peso exceda al 50% de la provisión de carga viva concentrada del cuadro 8.1 deberán ser tomados específicamente en cuenta por el ingeniero estructural que decidirá si son carga muerta o carga viva. El diseñador general informará al ingeniero estructural sobre su presencia.

8.3 Cargas vivas

8.3.1 Definición

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. Los agentes que producen estas cargas no están rígidamente sujetos a la estructura. Estos incluyen, pero no están limitados a: los ocupantes en sí, el mobiliario y su contenido así como el equipo no fijo.

Las cargas vivas especificadas en estas normas son intensidades locales máximas de carga. Es improbable que el valor especificado ocurra simultáneamente sobre áreas grandes; en el inciso 8.3.5 se especifica reducciones de carga global que el ingeniero estructural puede tomar en cuenta.

Las cargas vivas sobre estructuras tales como puentes, silos, tanques y otras obras se especifican en la norma NR-5.

8.3.2 Cargas concentradas

Las cargas vivas concentradas (P_v) se aplicarán sobre el área real de aplicación conocida. Cuando el área de aplicación no se conozca, la carga viva concentrada (P_v) se distribuirán de acuerdo con el inciso 8.3.3(b) y se aplicarán en la posición que ocasione los efectos más desfavorables.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

8.3.3 Cargas vivas especificadas

- (a) Cargas uniformemente distribuidas (w_v). los entrepisos se diseñarán para las cargas uniformemente distribuidas especificadas en el cuadro 8.1
- (b) Cargas concentradas (P_v): se verificará que los entrepisos resistan localmente las cargas concentradas especificadas en el cuadro 8.1 que simulan efectos de equipo y mobiliario pesados. Estas cargas se colocarán en las posiciones más desfavorables; en el entrepiso sobre un área de 75 cm por 75 cm. Las cargas de los párrafos (a) y (b) no se aplicarán simultáneamente; se utilizarán para diseño las condiciones más críticas.
- (c) Cargas concentradas en estacionamientos: la circulación de vehículos genera cargas de impacto y cargas dinámicas que deben tomarse en consideración al diseñar estacionamientos. Para simular esas cargas se verificará que los estacionamientos soporten localmente un par de cargas concentradas separadas 1.50 metros. Cada una será el 40% del peso del vehículo más pesado que esté proyectado a utilizar el área. En estacionamientos exclusivos para automóviles las cargas concentradas serán de 900 kilogramos cada una. Las cargas de los párrafos (a) y (c) no se aplicarán simultáneamente; se utilizará para diseño la condición local más crítica.
- (d) Escaleras: los escalones individuales de una escalera se diseñarán para una carga concentrada de 150 kg. Las escaleras como un todo se diseñarán según lo especificado en el cuadro 8.1.
- (e) Cargas especiales y cargas de impacto: el diseño deberá considerar agentes generadores de cargas de impacto y de otras cargas especiales. Los más comunes se listan en el cuadro 8.2.
- (f) Cargas vivas de cubiertas pesadas, con o sin acceso, donde la cubierta en sí tenga un peso propio que exceda 120 kg/m^2 se listan en el cuadro 8.1. La carga se aplica a la proyección horizontal de las cubiertas. Excepción: éstas cargas no son necesariamente aplicables para edificaciones dentro de las áreas de amenaza volcánica especificadas en el capítulo 4.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

- (g) Cargas vivas de cubiertas livianas: la estructura portante de techos enlaminados, de cubiertas con planchas livianas y de cubiertas transparentes se diseñará para las cargas listadas en el cuadro 8.1. La carga se aplica a la proyección horizontal de las cubiertas. Excepción: éstas cargas no son necesariamente aplicables para edificaciones dentro de las áreas de amenaza volcánica especificadas en el capítulo 4.

- (h) Si queda establecido desde el desarrollo del proyecto, el ingeniero estructural tomará en cuenta circunstancias especiales no incluidas en esta sección, incluyendo cargas vivas en exceso de las aquí previstas. Sin embargo, si no se le hace ningún requerimiento en especial su responsabilidad se limita a diseñar para las cargas vivas especificadas en estas normas.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Tipo de ocupación o uso	W_v (kg/m²)	P_v (kg)
Vivienda	200	0
Oficina	250	800
Hospitales - encamamiento y habitaciones	200	0
Hospitales - servicios médicos y laboratorio	350	800
Hoteles - alas de habitaciones	200	0
Hoteles - servicios y áreas públicas	500	800
Escaleras privadas	300	Ver 8.3.3(d)
Escaleras públicas o de escape	500	Ver 8.3.3(d)
Balcones, cornisas y marquesinas	300	0
Áreas de salida y/o escape	500	0
Vestíbulos públicos	500	0
Plazas y áreas públicas a nivel de calle	500	800
Salones de reunión		
Con asientos fijos	300	0
Sin asientos fijos	500	0
Escenarios y circulaciones	500	0
Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	0
Zonas de asientos	400	0
Canchas deportivas	ver nota ^(a)	0
Aulas y escuelas	200	400
Bibliotecas		
Áreas de lectura	200	400
Depósito de libros	600	800
Almacenes		
Minoristas	350	800
Mayoristas	500	1200
Estacionamientos y garages		
Automóviles	250	Ver 8.3.3(c)
Vehículos pesados	según vehículo	Ver 8.3.3(c)
Rampas de uso colectivo	750	Ver 8.3.3(c)
Corredores de circulación	500	Ver 8.3.3(c)
Servicio y reparación	500	Ver 8.3.3(c)
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1200	1200

Cuadro 8.1 - Cargas vivas en edificaciones

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Fábricas		
Cargas livianas	400	800
Cargas pesadas	600	1200
Cubiertas pesadas (inciso 8.3.3(f))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas inclinadas más de 20°	75 ^(b)	
Cubiertas livianas (inciso 8.3.3(g))		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 ^(b)	
Notas: ^(a) carga depende del tipo de cancha ^(b) sobre proyección horizontal		

Cuadro 8.1 – Cargas vivas en edificaciones (continuación)

Uso	Carga vertical	Carga horizontal
Sistema portante de cielo falso	20 kg/m ²	
Particiones y tabiques		15 kg/m ²
Elevadores (carga muerta + viva)	2 veces carga total	
Grúas (carga muerta + viva)	1.25 veces carga total	
Estanterías (más de 2 m de altura)		50 kg puntual, arriba
Sistema de fijación de lámparas y colgadores de tuberías	Su peso ó 50 kg mínimo	Prevenir oscilación
Barandales de uso público		75 kg/m, lineal
Barandales de uso privado		30 kg/m, lineal
Nota: todas estas cargas se aplicarán como si fueran cargas de servicio y para diseño deben factorarse como corresponde a cargas vivas. La provisión para impacto y cargas dinámicas ya están implícitas en las cantidades especificadas en el cuadro.		
Adicionalmente existen requisitos de diseño sísmico especificados en el capítulo 7 de la norma NR -3		

Cuadro 8.2 – Cargas vivas especiales

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

8.3.4 Reducción de carga viva

Las cargas vivas uniformemente distribuidas especificadas en el inciso 8.3.3, párrafos (a) y (f) pueden reducirse en función del área tributaria por medio de un factor multiplicador K_v . La reducción no aplica a ninguno de los otros párrafos.

Las cargas vivas que se utilizan en las combinaciones de carga del inciso 8.5 podrán ser las cargas reducidas conforme a esta sección.

El factor de reducción para cargas uniformemente distribuidas será.

$$K_v = [1 - 0.008(A_T - 15)] \dots\dots\dots (Ec. 8.1)$$

$$K_v \geq 0.77 - 0.23 \frac{M}{V} \dots\dots\dots (Ec. 8.2)$$

En las expresiones anteriores A_T es el área tributaria en metros cuadrados y para ciertos miembros puede incorporar las áreas tributarias de varios pisos; M y V representan las cargas muerta y viva totales que tributen sobre el miembro; las ecuaciones no aplican a áreas tributarias menores que 15 metros cuadrados.

El factor de reducción K_v no será menor que 0.6 para miembros que reciban carga de un solo piso ni será menor que 0.4 para miembros que reciben cargas de varios pisos. K_v será igual a 1.0 para lugares de reuniones públicas y cuando la carga viva sea 500 kg/m² o más.

8.4 Empuje de fluidos y de suelos

8.4.1 *Empuje de fluidos*

Las estructuras sometidas a empujes de fluidos (E_f) se diseñarán para soportar la presión estática de los mismos. Las presiones hidrodinámicas causadas por los sismos, sobre el fondo, las paredes y la cubierta del contenedor se tomarán en cuenta y el analista consignará sus suposiciones en la memoria de diseño.

8.4.2 *Empuje de suelos*

Los empujes de suelos (E_s) sobre paredes y otras estructuras aproximadamente verticales que retengan suelo se calcularán con base en principios geotécnicos establecidos. Se deberá tomar en cuenta las posibles sobrecargas vivas y/o muertas sobre la masa de suelo retenida. Los empujes sísmicos se tomarán en cuenta y el analista consignará sus suposiciones en la memoria de diseño.

8.4.3 *Suelos saturados*

A menos que exista un drenaje con suficiente capacidad de evacuación de agua, el empuje se calculará para el peso sumergido del suelo más la presión hidrostática, excepto que el informe geotécnico indique explícitamente que esto no es un problema. Asimismo se tomará en cuenta en el diseño la presión hidrostática causada sobre pisos y muros de sótanos por una posición desfavorable del nivel freático cuando esto sea un problema.

8.4.4 *Otros empujes*

El diseñador deberá tomar en cuenta los empujes causados por almacenamiento de material a granel de acuerdo con principios establecidos de ingeniería. Empujes para silos y estructuras similares se especifican en la norma NR-5. El diseñador hará suposiciones razonables para establecer empujes accidentales de material estibado. Tanto para el material a granel como para el material estibado los empujes sísmicos se tomarán en cuenta; el analista consignará sus suposiciones en la memoria de diseño.

8.5 Combinaciones de carga

8.5.1 Método de diseño

- (a) Para solicitaciones gravitacionales, de viento, de empujes laterales (no sísmicos) o de efectos de temperatura, contracción o asentamiento, puede utilizarse el método de esfuerzos de servicio o el método de resistencia (también llamado de “resistencia última”). La selección final del método depende de los requisitos específicos para cada sistema constructivo especificado en las normas NR-7, NR-8 y NR-9
- (b) Para solicitaciones sísmicas se utilizará únicamente el método de resistencia, con excepción a lo indicado en la norma NR-9. Las resistencias de diseño se especifican en las normas NR-7, NR-8 y NR-9 según el sistema constructivo utilizado.
- (c) Las combinaciones para dimensionar el tamaño de la cimentación y para verificar los esfuerzos en el suelo se especifican en el inciso 8.5.6.

8.5.2 Combinaciones de carga para diseño por el método de esfuerzos de servicio

Cuando el diseño estructural de los elementos se haga por el método de esfuerzos de servicio, se utilizarán las siguientes combinaciones de carga para establecer las solicitaciones que controlan el diseño:

Cargas de gravedad:

$$M + V \dots\dots\dots (Ec. 8.3)$$

Cargas de viento:

$$M + V \pm W \dots\dots\dots (Ec. 8.4)$$

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Empujes laterales:

$$M + V + E_r \dots\dots\dots (Ec. 8.5)$$

$$M + V + E_s \dots\dots\dots (Ec. 8.6)$$

Efectos de temperatura, contracción o asentamiento:

$$M + V \pm A \dots\dots\dots (Ec. 8.7)$$

Los esfuerzos correspondientes a las solicitaciones anteriores no excederán los esfuerzos permisibles de servicio especificados para cada material como lo establece las normas NR- 7, NR-8 y NR-9; con la siguiente excepción: los esfuerzos resultantes de combinaciones que incluyan cargas transitorias como las de viento y algunos empujes no excederán 1.33 veces el esfuerzo permisible de servicio.

8.5.3 Combinación de carga para sismo de servicio

Para revisar el estado límite de servicio, es decir con el fin de controlar las deformaciones y verificar que ningún elemento llegue a la fluencia debido al sismo frecuente de todos los sistemas constructivos incluyendo concreto, acero, madera y mampostería, se utilizarán las siguientes combinaciones de carga:

$$M + V \pm S_s \dots\dots\dots (Ec. 8.8)$$

$$M \pm S_s \dots\dots\dots (Ec. 8.9)$$

Donde S_s está en función del sismo frecuente $S_f(T)$, calculado de acuerdo con la ecuación 3.2

8.5.4 Combinaciones de carga para diseño por el método de resistencia a la cedencia

Cuando el diseño de los elementos se haga por el método de resistencia a la cedencia (también llamado simplemente “método de resistencia” y menos correctamente llamado método de “resistencia última”), se utilizará las siguientes combinaciones de carga para establecer las solicitaciones que controlan el diseño:

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Carga de gravedad:

$$1.4M + 1.7V \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.10})$$

Carga de viento:

$$0.75(1.4M + 1.7V \pm 1.7W) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.11})$$

$$0.9M \pm 1.3W \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.12})$$

Empuje de fluidos:

$$1.4M + 1.7V + 1.4E_f \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.13})$$

Empuje de suelos:

$$1.4M + 1.7V + 1.7E_s \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.14})$$

Efecto de temperatura, contracción o asentamiento:

$$1.4M \pm 1.4A \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.15})$$

$$0.75(1.4M \pm 1.4A + 1.7V) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.16})$$

Los esfuerzos correspondientes a las solicitaciones anteriores no excederán la resistencia de diseño especificada para cada material en las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

8.5.5 Combinaciones de carga para diseño sismorresistente

Para establecer las solicitaciones máximas que puedan controlar el diseño de los sistemas constructivos incluyendo concreto, acero, y madera se verificarán las siguientes combinaciones de carga:

$$1.2M + V \pm S \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.17})$$

$$0.8M \pm S \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.18})$$

Excepto que para diseñar muros y columnas, la ecuación 8.18 puede limitarse a:

$$M \pm S \quad \dots \dots \dots \quad (\text{Ec. 8.19})$$

Las combinaciones de carga para mampostería se especifican en el inciso 8.5.7.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Donde S está en función del sismo básico $S_a(T)$, calculado de acuerdo con la ecuación 8.1. Los esfuerzos correspondientes a las demandas anteriores no excederán la resistencia de diseño especificada para cada material en las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

8.5.6 Combinaciones de carga para cimentaciones

Para dimensionar el tamaño de la cimentación y para verificar los esfuerzos en el suelo se utilizarán los criterios especificados en este inciso.

(a) Para solicitaciones gravitacionales, de viento y de otros empujes se usarán las siguientes combinaciones:

Carga de gravedad:

$$M + V \dots\dots\dots (Ec. 8.20)$$

Carga de viento:

$$M + V \pm W \dots\dots\dots (Ec. 8.21)$$

Empuje de fluidos:

$$M + V + E_f \dots\dots\dots (Ec. 8.22)$$

Empuje de suelos:

$$M + V + E_s \dots\dots\dots (Ec. 8.23)$$

Asentamientos, temperatura y/o retracciones:

$$M + V + A \dots\dots\dots (Ec. 8.24)$$

Los esfuerzos en la masa de suelo correspondientes a las solicitaciones anteriores no excederán la capacidad soporte permisible (Q_s) del suelo, según se define en el inciso 6.2.2.1 de la norma NR-3. Cuando intervienen cargas transitorias, como las de viento y algunos tipos de empujes, se puede incrementar la capacidad soporte permisible entre $1.33 Q_s$ y $1.5 Q_s$ según lo indique el ingeniero geotécnico; véase el inciso 6.2.2.2 de la norma NR-3.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

La excentricidad de las solicitaciones gravitacionales (ecuación 8.20) respecto del centroide del cimiento no deberá exceder un octavo de la longitud del cimiento en la dirección analizada. En el caso de cargas de viento y otros efectos (ecuaciones 8.21 a 8.24), la excentricidad no deberá exceder un sexto de la longitud del cimiento.

(b) Para solicitaciones sísmicas se usarán las siguientes combinaciones:

$$1.2M + V \pm S \dots\dots\dots (Ec. 8.25)$$

$$M \pm S \dots\dots\dots (Ec. 8.26)$$

La distribución de esfuerzos en la masa de suelo correspondiente a las solicitaciones anteriores se podrá establecer por medio de la teoría lineal elástica y los máximos no excederán a la capacidad límite (Q_u) del suelo según se define en 6.2.2.3 de la norma NR-3. La capacidad límite a usarse en el diseño la establecerá el ingeniero geotécnico. Como guía se podrá usar el siguiente criterio:

$$Q_u = FSQ_s \phi \dots\dots\dots (Ec. 8.27)$$

Donde Q_s es la capacidad soporte de servicio del suelo; FS es el factor de seguridad originalmente utilizado para obtener Q_s a partir de los resultados de los ensayos de suelo (usualmente del orden de 3 a 5); ϕ es un factor de reducción de capacidad que puede estimarse alrededor de 0.67.

La excentricidad de la resultante de la combinación de cargas respecto al centroide del cimiento no excederá un cuarto de la longitud de la cimentación en la dirección considerada. Se supondrá que no es posible desarrollar esfuerzos de tensión entre el suelo y el cimiento.

Los momentos de volteo que resultan del análisis estructural podrán reducirse de la manera siguiente:

- (i) Hasta al 90% si se hace el análisis por el método de análisis modal descrito en la norma NR-3.
- (ii) Hasta al 75% si se hace el análisis por el método de la fuerza lateral equivalente descrito en la norma NR-3, y el período de vibración T sea mayor que 0.6 segundos; si el período T es menor que 0.3 segundos se limitará la reducción al 90%. Se interpolará linealmente para períodos intermedios.

- (iii) No se podrá aplicar estas reducciones a los cimientos de sistemas estructurales de péndulo invertido (sistema E5, norma NR-3, inciso 1.5.1).

8.5.7 *Combinaciones de carga para el diseño de estructuras de mampostería reforzada*

Para el diseño estructural de elementos de mampostería reforzada se utilizarán las siguientes combinaciones de carga:

Cargas de gravedad:

$$M + V \dots\dots\dots (Ec. 8.28)$$

Carga de sismo:

$$M + V \pm S \dots\dots\dots (Ec. 8.29)$$

CAPITULO 9

LIMITACIONES DE DEFORMACIÓN

9.1 Requisitos generales

9.1.1 Alcances

Este capítulo especifica deflexiones o deformaciones máximas para cargas de servicio, para cargas de viento y sismo.

9.1.2 Aplicación

Para que este capítulo sea aplicable, las edificaciones deben previamente satisfacer las demandas estructurales especificadas en el capítulo 8.

Cuando se trate de obra existente, este capítulo se aplicará conforme a lo indicado en la norma NR – 6.

Las deflexiones y deformaciones mayores a las especificadas en esta sección sólo son aceptables en aquellos casos en que el contenido y los revestimientos de la edificación puedan tolerarlo, o bien los propietarios quieran tolerarlo. Las deformaciones y deflexiones más representativas quedarán consignadas en los planos, para que los propietarios y usuarios puedan comparar las deformaciones calculadas con las deformaciones máximas recomendadas.

9.2 Deformaciones de servicio

9.2.1 Descripción

Las deformaciones de servicio son aquellas que corresponden a las cargas y/o sismo de servicio del capítulo 8. Tales deformaciones deben incluir las deformaciones instantáneas causadas por cargas vivas, más las deformaciones causadas por cargas permanentes, más las deformaciones laterales provocada por el sismo de servicio. Las deformaciones

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

permanentes deben a su vez incluir las deformaciones elásticas iniciales más las deformaciones diferidas a causa del flujo plástico de los materiales (si los hubiere).

9.2.2 Cálculo

Las deformaciones de servicio se pueden calcular por medio de la teoría lineal elástica y se les pueden aplicar factores de corrección para tomar en cuenta los efectos diferidos. El detalle del cálculo se especifica para cada material o sistema estructural en las normas NR -7, NR-8 y NR-9.

9.2.3 Límites de deformación

Los límites de deformación son los siguientes:

- (a) Para entrepisos que no soporten, ni estén conectados a elementos no estructurales y además no tengan acabados frágiles fácilmente agrietables. La deflexión vertical causada por la carga viva no debe exceder $L/360$. Donde L es el claro libre entre dos apoyos consecutivos de una viga o bien el doble de la longitud de una viga voladiza.
- (b) Para techos bajo las mismas condiciones anteriores, la deflexión total no debe exceder $L/180$, aunque esta deflexión no ofrece garantía contra empozamientos en techos planos grandes.
- (c) Para entrepisos y techos que estén conectados a elementos no estructurales que sean poco susceptibles a dañarse por deflexiones grandes y además no haya acabados frágiles fácilmente agrietables, la deflexión por carga viva más la parte de la deflexión por carga muerta que ocurre después de agregar los elementos no estructurales no debe exceder $L/200$; debe incluirse las deformaciones a largo plazo cuando el material tenga deformaciones diferidas.
- (d) Para entrepisos y techos bajo las mismas condiciones que en el inciso (c) pero donde los elementos no estructurales sí son susceptibles de dañarse por deflexiones grandes, o los acabados son fácilmente agrietables, la deflexión descrita en (c) no excederá $L/400$.

9.3 Deformaciones laterales elásticas

9.3.1 Descripción

Las deformaciones laterales elásticas son aquellas causadas por cargas horizontales que no provocan que la estructura exceda su capacidad elástica de deformación, por ejemplo el viento y el sismo de servicio.

9.3.2 Cálculo

Las deformaciones laterales elásticas se pueden calcular por medio de la teoría lineal elástica. El detalle del cálculo se especifica para cada material o sistema estructural en las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

9.3.3 Límites de deformación lateral elástica

Los límites de deformación lateral se especifican por medio de derivas laterales máximas. Las derivas son deformaciones laterales medidas entre dos entrepisos dados. Las derivas elásticas de una edificación calculadas conforme a estas normas no excederán los siguientes valores:

(a) Protección básica: cuando no hay acabados y revestimientos frágiles.

$$\Delta_N \leq 0.004h_N, \quad \text{para la edificación globalmente;}$$

$$\Delta_i \leq 0.005(h_i - h_{i-1}), \quad \text{localmente entre dos entrepisos consecutivos.}$$

Donde:

Δ_N, Δ_i son respectivamente la deriva lateral total de la edificación y la deriva del nivel "i", medidas en las mismas unidades que la altura de la edificación;

h_N, h_i son respectivamente la altura total de la edificación y la altura del nivel "i".

(b) Protección superior: cuando hay acabados frágiles, vidrieras continuas u otros revestimientos frágiles o se trata de obra esencial:

$$\Delta_N \leq 0.003h_N, \quad \text{para la edificación globalmente;}$$

$$\Delta_i \leq 0.00375(h_i - h_{i-1}), \quad \text{localmente entre dos entrepisos consecutivos.}$$

Donde los símbolos tienen el mismo significado que en el inciso (a).

9.4 Deformaciones sísmicas debido al sismo básico

9.4.1 Descripción y propósito del cálculo

Las deformaciones sísmicas analíticamente calculadas producidas por el sismo básico son esencialmente parámetros de referencia para encauzar a los proyectistas a producir edificaciones con grados comparables de rigidez.

Se presupone que a menor flexibilidad de la estructura, menor grado de daño secundario como consecuencia de uno sismo. Por lo tanto un control de daño secundario se puede obtener por medio de la limitación de las derivas laterales de las edificaciones. Las derivas son deformaciones laterales medidas entre dos entrepisos dados.

9.4.2 Cálculo

El método de cálculo de las derivas laterales se especifica en los incisos 2.5 ó 3.11 de la norma NR-3, según el método de análisis. Las derivas laterales así calculadas son deformaciones post-elásticas que se desarrollarían en la edificación después de varias excursiones fuera del rango elástico. No son derivas nominales al límite elástico del sistema estructural.

9.4.3 Límites de deformación sísmica

Las derivas laterales post-elásticas de una edificación calculadas conforme a estas normas y provocadas por el sismo básico no excederán los siguientes valores:

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

(a) Nivel de protección sísmica A, B y C1:

$$\Delta_N \leq 0.015h_N, \quad \text{para la edificación globalmente;}$$

$$\Delta_i \leq 0.018(h_i - h_{i-1}), \quad \text{localmente entre dos entrepisos consecutivos.}$$

Donde:

Δ_N, Δ_i son respectivamente la deriva lateral total de la edificación y la deriva del nivel "i", medidas en las mismas unidades que la altura de la edificación;

h_N, h_i son respectivamente la altura total de la edificación y la altura del nivel "i".

El nivel de protección se define en el cuadro 3.1.

(b) Nivel de protección sísmica C2:

$$\Delta_N \leq 0.0125h_N, \quad \text{para la edificación globalmente;}$$

$$\Delta_i \leq 0.015(h_i - h_{i-1}), \quad \text{localmente entre dos entrepisos consecutivos.}$$

Donde los símbolos tienen el mismo significado que el en el inciso (a).

(c) Nivel de protección sísmica D y E:

$$\Delta_N \leq 0.010h_N, \quad \text{para la edificación globalmente;}$$

$$\Delta_i \leq 0.012(h_i - h_{i-1}), \quad \text{localmente entre dos entrepisos consecutivos.}$$

Donde los símbolos también tienen el mismo significado que en el inciso (a).

(d) Cuando se utilice el método de análisis dinámico paso a paso (capítulo 4 de la norma NR-3) las derivas laterales post-elásticas no excederán a 0.025 de la correspondiente altura del piso.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

9.4.4 *Requisitos adicionales por sismo para el estado límite de cedencia*

Los desplazamientos laterales en una estructura producidos por los efectos del sismo básico, no deberán.

- (a) Poner en peligro la vida de las personas;
- (b) Causar pérdida de funcionalidad en grandes puentes y presas de gran tamaño clasificados como obras críticas; en hospitales, edificios educativos y estructuras que alberguen a multitud de personas denominados como obras esenciales e importantes;
- (c) Causar pérdida de funcionalidad o daño a equipos, a instalaciones, y a componentes principales que pongan en peligro la vida de las personas, en estructuras comprendidas como obras críticas, esenciales e importantes;
- (d) Causar contacto entre piezas de equipos, si dichos contactos dañasen las piezas hasta el punto de arriesgar la vida de las personas, o produzcan variaciones perjudiciales en la respuesta de la estructura, o reduzcan la resistencia de los elementos estructurales por debajo de la resistencia requerida,
- (e) Excederse a la separación proveniente del sitio limítrofe, o a la separación entre edificios vecinos;
- (f) Causar pérdida a la integridad estructural.

9.4.5 *Desplazamientos laterales post-elásticos*

Los desplazamientos laterales post-elásticos de la estructura serán evaluados como lo establece el inciso 2.6 de la norma NR-3.

9.4.6 *Deformaciones en cimentaciones*

Se deberá considerar tanto para la respuesta como para las características de disipación energética de la estructura, las consecuencias de una posible fluencia en los componentes de la cimentación o del suelo, así como la oscilación y el levantamiento de las zapatas (capítulo 6 de la norma NR-3).

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

9.4.7 *Compatibilidad con otros criterios*

Cuando sea necesario comparar las derivas sísmicas obtenidas conforme a estas normas con derivas basadas en otras normativas, se deberá previamente establecer la filosofía sobre la que está basada la otra normativa.

9.4.8 *Construcción junto a linderos*

Toda edificación deberá quedar separada del lindero lo necesario para que todos sus desplazamientos laterales ocurran dentro de la línea de propiedad

Para la parte de la edificación que sobresalga del nivel de suelo, la separación mínima del lindero será la deflexión calculada según los incisos 2.5, 2.6, 3.11 y 3.13, de la norma NR-3; pero no menos de $0.002h_i$ (donde h_i es la altura del entrepiso "i" a ejes, medido desde el nivel del suelo) o 0.05 metros (o lo que se especifique en la norma NR- 4 para construcción menor o en la norma NR- 6 para edificación existente). En los casos en que el proyectista general o el Ingeniero Estructural juzguen que es necesaria una separación mayor, ésta se implementará. (Por ejemplo, debido a interacción suelo-estructura durante un sismo o debido a la presencia de estructuras preexistentes vecinas que puedan colisionar con la proyectada) Cuando se proyecten dos estructuras adyacentes en el mismo sitio, serán separadas en todos los niveles la máxima distancia que resulte de la suma de las deflexiones calculadas de cada estructura en cada nivel según los incisos 2.6 y 3.13.

9.4.9 *Especificaciones complementarias para deformaciones*

En el inciso 1.7 de la norma NR-3 hay limitaciones adicionales a las contenidas en este capítulo para los casos en que las deformaciones excesivas representen situaciones peligrosas.

Para las edificaciones que ya existan al emitirse estas normas, especialmente las que legan al lindero de la propiedad, se aplicará las restricciones contenidas en la norma NR-6.

Para las edificaciones menores contempladas en la norma NR-4, se aplicarán las disposiciones especiales especificadas allí