

Normas Recomendadas

Normas Estructurales de Diseño y Construcción
Recomendadas para la República de Guatemala

Guatemala, junio 2002

NR 1 Bases Generales de Diseño y Construcción.
NR 2 Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección.

E D I C I Ó N P R E L I M I N A R

PRESENTACIÓN

En el año 1,996 la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES- publica la primera edición de las Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala. La misma incluyó las normas NR 1 "Bases Generales de Diseño y Construcción", NR 2 "Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección", NR 3 "Diseño Estructural de Edificaciones", NR 7-1 "Concreto Reforzado" y NR 7-3 "Mampostería Reforzada" quedando algunas normas de las originalmente concebidas pendientes de realización y publicación.

Ya casi agotada esta edición, se decidió que una segunda edición ya no valdría la pena sacar, dado el avance del conocimiento que había habido, por lo que mejor se trabajaría en una actualización y su posterior publicación. Es así como a finales del año 1,999 se le encomendó al Ing. Rolando Torres que trabajara en la actualización. Dicha actualización tuvo una discusión interna dentro de la Asociación en Junio de 2,001 y a la fecha se decidió hacer la actual edición preliminar para darla a conocer a las distintas instancias y empezar a recibir los comentarios, observaciones y sugerencias respectivas. Durante dicho proceso, surge también la propuesta por parte de la Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia de dar el apoyo para completar algunas de las normas que estaban pendientes, principalmente las Normas NR 4 "Requisitos Especiales para Vivienda y otras Construcciones Menores", la Norma NR 5 "Requisitos para la Construcción de Obras de Infraestructura y Obras Especiales, la Norma NR 6 "Disminución de Riesgos y Rehabilitación y la Norma" NR 7-5 "Sistemas Constructivos, Acero Estructural".

Se procedió a organizar grupos de trabajo con profesionales dentro de la Asociación que fueran expertos en las normas a desarrollar y es así como se llega a la publicación de estas ediciones preliminares. Con esta contribución inicial se pretende que el país cuente con un medio para tratar de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones que se desarrollen en el futuro y también contar con herramientas que permitan la evaluación de las ya existentes, dado el carácter sísmico de nuestro territorio.

La filosofía de las normas están enfocadas como en la mayoría de las normas que existen a nivel mundial hacia la protección de la vida y la integridad física de las personas que usan y ocupan las obras y edificaciones, así como la de proporcionar un grado mínimo de calidad que preserve la integridad de la obra sujeta a sollicitaciones de carga permanentes y frecuentes. Finalmente la de proporcionar protección contra daño directo o indirecto causado por agentes naturales adversos.

En el desarrollo de la nueva actualización y algunas de las normas que estaban pendientes de editar, se tomó como base para su creación, mucha de la normativa realizada en países que llevan la vanguardia en lo que a diseño sísmo resistente se refiere, principalmente lo realizado por Instituciones tales como el UBC, la SEAOC (Filosofía de estados límite), el ATC, el ACI, IBC, LRFD de AISC y las Especificaciones Neozelandesas (Diseño Sísmico para Estructuras de Concreto Reforzado) , tratando en lo posible de hacer adaptaciones a las prácticas de construcción y materiales guatemaltecos, así como también en lo que respecta a estudios de investigación que se han realizado a nivel local, con respecto a la naturaleza de nuestra sismicidad. En este sentido hace falta mucho por hacer y en la medida que vayamos contando con más datos a nivel local el grado de afinamiento irá mejorando.

El camino a seguir se inicia en este momento cuando se presentan las normas para su estudio, debate y discusión de tal manera que la misma refleje la opinión de los usuarios, que son los destinatarios, buscando de esta manera el consenso necesario para su aceptación y difusión en todos los ámbitos relacionados con la industria de la construcción, desde los sectores privado, público y académico. Como un respaldo a los documentos generados, se planea realizar manuales de aplicación y comentarios que servirán de base para el desarrollo de cursos con la valiosa

colaboración del Colegio de Ingenieros y otras Instituciones en donde se capacite a los profesionales usuarios de las normas. Esta capacitación deberá incluir principalmente catedráticos universitarios de la Ingeniería y la Arquitectura, de las distintas universidades, de tal manera que una vez capacitados sean multiplicadores del conocimiento y así se promueva un proceso de formación y actualización y se empiece a promover el uso de estas normas y de las actualizaciones que reciban las mismas en las nuevas generaciones de profesionales en nuestro medio.

Finalmente la búsqueda de la seguridad a través del uso de las normas debe ser el propósito del ingeniero, de las instituciones gubernamentales y municipales y de la misma sociedad.

Ing. Omar G. Flores Beltetón
Presidente de AGIES.

Cualquier comentario al respecto de las normas diríjalo a la sede de la Asociación:

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
AGIES
O Calle 15-46 Zona 15
Edificio de los Colegios Profesionales, 4to. Nivel
Guatemala, Ciudad
01015 GUATEMALA
Teléfono (502) 3693693 Fax (502) 3693705
e-mail:agies@hotmail.com

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Criterio y Directrices Básicas	
1.1 Alcances y objetivos	1
1.2 Propósitos y limitaciones	1
1.3 Clasificación de obra	2
1.3.1 Obras críticas	2
1.3.2 Obras esenciales	3
1.3.3 Obras importantes	3
1.3.4 Obras ordinarias	4
1.3.5 Obras utilitarias	4
1.3.6 Clasificación múltiples	5
1.4 Nivel de protección	5
1.4.1 Nivel de protección	5
1.4.2 Demandas estructurales y peligrosidad del sitio	6
1.4.3 Directrices para obra nueva	6
1.4.4 Directrices para obra existente	7
Capítulo 2	
Administración	
2.1 Uso de las normas	9
2.2 Actualización de las normas	9
2.3 Diseño y construcción	9
2.3.1 Del diseñador estructural	9
2.3.2 Del constructor	10
2.4 Cooperación técnica	10
2.4.1 Instrumentación sísmica	10
2.4.2 Operador de los instrumentos	10

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

CAPITULO 1

CRITERIO Y DIRECTRICES BASICAS

1.1 Alcances y objetivos

Estas normas son requisitos mínimos para el diseño de obra nueva, para remodelación y/o reparación de obra existente y para la evaluación de la vulnerabilidad y potencial readecuación de obra existente.

Los objetivos de las normas recomendadas son:

- (a) Proteger la vida y la integridad física de las personas que usan u ocupan obras y edificaciones o pueden verse afectadas por ellas;
- (b) Proveer un mínimo de calidad estructural que preserve la integridad de la obra sujeta a solicitaciones de cargas permanentes y cargas frecuentes;
- (c) Proveer protección contra daño directo e indirecto causado por agentes naturales adversos.

Las solicitaciones de cargas permanentes y cargas frecuentes consideradas son cargas muertas y vivas, y presiones o empujes varios.

Los agentes naturales adversos considerados son sismo, inestabilidad del terreno, fenómenos volcánicos, viento (meteorológicos) y ambientales. Se incluyen los efectos sobre la estructura en sí de las obras y sobre los sitios donde éstas están emplazadas.

1.2 Propósitos y limitaciones

Los diseñadores, constructores y supervisores adquieren la obligación de que sus obras cumplan con estas normas cuando lo requiera la Autoridad Competente o las condiciones contractuales de diseño y construcción.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

Para cumplir con los objetivos 1.1 (a) y (b), es el propósito de estas normas que las obras resistan las solicitaciones permanentes y/o frecuentes de manera que no sufran deterioro a causa de ellas.

Las edificaciones y obras que se construyan o readecúen siguiendo estas normas podrán sufrir daño en mayor o menor grado según el nivel de protección requerido; sin embargo, deberán tener una probabilidad nominalmente nula de colapsar parcial o totalmente como consecuencia de sobrellevar los tipos de solicitaciones considerados aquí.

1.3 Clasificación de obra

Para los propósitos de estas normas, toda obra nueva o existente se clasifica en una de cinco categorías atendiendo el impacto socioeconómico que implique la falla o cesación de funciones de la obra. El propietario podrá requerir al diseñador que clasifique su obra en una categoría más alta que la especificada en estas normas.

Para efectos de clasificación se considerarán las obras y edificaciones como sistemas o complejos funcionales independientemente del número de unidades estructurales que constituyan la obra. Se clasificará la obra atendiendo a su conjunto. Sin embargo, los componentes del conjunto podrán subclasificarse en categorías diferentes de acuerdo a con sección 1.3.6.

1.3.1 Obras críticas

Obras críticas para el país son aquellas que son indispensables para el desenvolvimiento socioeconómico de grandes sectores de la población. También son aquellas que de fallar o colapsar pondrían en peligro directa o indirectamente a gran número de personas. Son ejemplo de obras críticas los componentes principales de grandes centrales energéticas, presas de gran tamaño, grandes puentes, y otras obras similares.

Las obras críticas deben ser declaradas como tales por la Autoridad Competente. De lo contrario, las obras se clasificarán conforme a los numerales siguientes.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

1.3.2 *Obras esenciales*

Son aquellas que deben permanecer operantes durante y después de un desastre o evento adverso. Pertenecen a esta categoría las obras estatales o privadas especificadas a continuación:

- (a) Hospitales con instalaciones de emergencia, de cuidado intensivo y/o quirófanos. Instalaciones de defensa civil, de bomberos, de policía y de comunicaciones asociadas con la atención de desastres.
- (b) Plantas de energía e instalaciones conexas, instalaciones de captación y tratamiento de agua, instalaciones de importancia estratégica, centrales de telecomunicación, líneas troncales de transmisión eléctrica, líneas de abastecimiento de agua a ciudades y villas, puentes sobre carreteras de primer orden, aquellas obras que las autoridades estatales o municipales específicamente declaren como tales.
- (c) Las autoridades que tengan bajo su jurisdicción obras del párrafo 1.3.2 (b) pueden declararlas como obras del inciso 1.3.3, previo dictamen de que otras obras similares clasificadas como obras esenciales abastecen al mismo sector de población. Las obras del párrafo 1.3.2 (a) no pueden reducirse de categoría.

1.3.3 *Obras importantes*

Son aquéllas que albergan o pueden afectar a gran número de personas; aquéllas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse, aquéllas donde se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo. Pertenecen a esta categoría, entre otras, las obras que se enumeran a continuación:

- (a) Las obras y edificaciones del estado que no son esenciales;
- (b) Todos los edificios educativos y guarderías públicos y privados; todos los hospitales; sanatorios; centros y puestos de salud públicos y privados que no clasifiquen como esenciales; garajes de vehículos de emergencia no incluidos en 1.3.2; prisiones; museos y similares.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (c) Todos los edificios de 5 pisos o más; todos los edificios de más de 3,000 metros cuadrados de área interior (excluyendo estacionamientos).
- (d) Teatros, cines, templos, auditorios, mercados, restaurantes y similares que alojen más de 300 personas simultáneamente.
- (e) Obras de infraestructura que no sean esenciales incluyendo subestaciones eléctricas; líneas de alto voltaje; circuitos principales de agua; drenajes colectores; puentes de carretera; centrales de telecomunicaciones.
- (f) Obras en las que hay fabricación y/o almacenamiento de materiales tóxicos, explosivos o inflamables.
- (g) Todas las obras que hayan bajado a esta clasificación amparadas por el párrafo 1.3.2 (c).

Ni los propietarios privados ni las instituciones estatales pueden declarar que una "obra importante" se reduzca a una categoría inferior.

1.3.4 *Obras ordinarias*

Son aquellas obras que no responden a las definiciones de los incisos 1.3.1 al 1.3.3, ni al 1.3.5.

Son ejemplos de obras ordinarias la construcción menor considerada en la Norma NR- 4. También vivienda, comercios, edificios industriales y agrícolas que por su volumen, tamaño, importancia o características no tengan que asignarse a otra clasificación.

1.3.5 *Obras utilitarias*

Aquellas obras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o habitables; obras auxiliares de infraestructura. Pertenecen a esta categoría obras como las enumeradas a continuación:

- (a) Instalaciones agrícolas o industriales -de ocupación incidental- y bodegas excepto por el párrafo 1.3.3 (f).

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (b) Obras auxiliares de redes de infraestructura de ocupación incidental que de fallar no interrumpen el funcionamiento del sistema.

En caso de duda la obra se clasificará como ordinaria (inciso 1.3.4).

1.3.6 Clasificaciones múltiples

Normalmente las unidades estructurales que componen un complejo o sistema se clasificarán de acuerdo con la clasificación del sistema. Sin embargo, atendiendo a su función específica dentro del conjunto, la clasificación del componente podrá reducirse. Véase el párrafo 1.4.1 (d).

Las unidades estructurales destinadas a funciones múltiples se clasificarán en la categoría más alta requerida por su función más crítica.

1.4 Nivel de protección y aplicación de las normas

Las obras nuevas y existentes en la república de Guatemala deben cumplir con las directrices de esta sección.

1.4.1 Nivel de protección

El nivel de protección es una medida del grado de protección suministrado al público y a los usuarios de las obras nuevas o existentes contra los riesgos derivados de las solicitaciones de carga y de amenazas naturales. El nivel de protección requerido se especifica en la Norma NR-2, y depende del grado de amenaza natural en el sitio y de la clasificación de la obra.

- (a) Para los propósitos de estas normas se establecen cinco niveles de protección: A, B, C, D y E. El nivel E es el que da la más alta protección. Cualquier requisito, método de análisis o sistema constructivo adecuado para un nivel superior de protección puede utilizarse en un nivel más bajo. Para cada amenaza cubierta en la Norma NR-2 se establecerá el nivel de protección respectivo.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (b) En obras que constituyen sistemas o complejos cuyos componentes son subsistemas, edificaciones o bien otras obras individuales, la obra física de cada componente tendrá, en general, el nivel de protección requerido para el sistema. Sin embargo, con base en un análisis del sistema debidamente argumentado, el nivel de protección de componentes que resulten no ser cruciales podrá reducirse. Por otra parte, deberá evaluarse qué componentes necesitan un nivel de protección más alto que el requerido para el sistema como un todo.
- (c) Los accesos deberán tener un nivel de protección congruente con el de las edificaciones o componentes servidos.
- (d) Las obras deben proyectarse estructuralmente de manera que no afecten a predios vecinos o próximos. Esto incluye, pero no se limita a adecuada separación del lindero, protección contra posibles escombros, tanto de la estructura como del terreno.

1.4.2 Demandas estructurales y peligrosidad del sitio

Las demandas estructurales para obras nuevas y existentes y las condiciones de peligrosidad en los sitios se establecerán de acuerdo con los requisitos descritos en la Norma NR-2.

1.4.3 Directrices para obra nueva

Una vez establecido el nivel de protección necesario y las demandas estructurales correspondientes, la obra nueva será diseñada y construida de acuerdo con los requisitos aplicables de la Norma NR-3, excepto cuando se puedan aplicar las disposiciones especiales de la Norma NR-4. Las obras de infraestructura y otras obras especiales serán diseñadas y construidas conforme a las disposiciones especiales de la Norma NR-5. Concurrentemente, según el sistema constructivo, se aplicará los requisitos de la Norma NR -7.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

1.4.4 *Directrices para obra existente*

La obra existente se define en la sección de notación y definiciones que antecede al capítulo 1 de esta Norma. En este inciso se consideran varios casos de aplicación a obras existentes:

- (a) Análisis de vulnerabilidad y, de ser necesario, posterior readecuación. El cumplimiento de este aspecto es voluntario, excepto cuando exista requerimiento específico de autoridad competente.
- (b) Cambio de uso de la obra y/o remodelación significativa.
- (c) Inspección y, de ser necesario, reparación y/o readecuación de obra existente dañada por alguno de los agentes considerados en estas normas.
- (d) Disposiciones especiales para obras de valor histórico.
- (e) Situaciones de colindancia entre obras existentes vecinas al entrar en vigor estas normas.

Los casos anteriores y otros estarán normados en la Norma NR-6.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

CAPITULO 2

ADMINISTRACION

2.1 Uso de las normas

Las normas de diseño y construcción denominadas NR-1 a NR-9 son recomendadas por AGIES. Los organismos del estado y las municipalidades podrán validarlas y requerirlas si lo estiman apropiado. Los entes privados podrán utilizarlas sin previa consulta para sus contrataciones. La designación será Norma Recomendada AGIES NR"___", seguida del número asignado a la norma por AGIES.

2.2 Actualización de las normas

La revisión, actualización y completación de estas normas será periódicamente efectuada por AGIES. Se solicita a los organismos estatales y municipales que las sancionarán, que incorporen suficiente flexibilidad en los acuerdos para permitir la revisión de las normas.

2.3 Diseño y construcción

2.3.1 *Del diseñador estructural*

Se recomienda que los entes que hagan uso de estas normas mantengan un archivo de certificados suscritos por los diseñadores estructurales, donde se indique, en una breve memoria de diseño, las cargas y el Nivel de Protección con que se diseño estructuralmente la edificación conforme a las normas NR-2 y NR-3, además de un juego de planos estructurales del proyecto.

Un archivo similar se mantendría para los casos donde apliquen las normas NR-4, NR-5 ó NR-6.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

2.3.2 *Del constructor*

Se recomienda que los entes que hagan uso de estas normas mantengan un archivo de certificados suscritos por los constructores relativo al cumplimiento de estas normas en lo que a construcción compete y un juego de planos de "obra terminada", tal como se construyó.

Un archivo similar se llevaría para los casos donde apliquen las normas NR-4, NR-5 ó NR-6.

2.4 *Cooperación técnica*

2.4.1 *Instrumentación Sísmica*

Se recomienda que se provea instrumentación sísmica en todas las edificaciones de 10 o más pisos y en todos los complejos de edificación de más de 10000 metros cuadrados de área construida que requieran un Nivel de Protección C2 o superior (Norma NR-2). En tal caso, el propietario adquirirá un acelerógrafo de tres componentes (aparato sismográfico para medir los movimientos fuertes del suelo durante un sismo intenso) y proveerá la plataforma de montaje y la protección de la misma, en el sitio de la obra que el proyectista y el operador acuerden mutuamente. De común acuerdo con el operador del equipo, éste podrá sustituirse por otro equipo de investigación sismorresistente de costo equivalente.

2.4.2 *Operador de los instrumentos*

El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) o una universidad del país, a elección del propietario, operarían el equipo. Los costos de operación correrían por cuenta del operador. Los registros originales quedarían bajo la custodia del operador y serán de consulta pública.

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

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Criterio y Directrices	
1.1 Alcances	1
1.2 Directrices generales	1
Capítulo 2	
Estados limite	
2.1 Alcances y criterios.....	3
2.2 Estado limite de servicio.....	3
2.3 Estado limite de cedencia	4
Capítulo 3	
Aspectos sísmicos	
3.1 Alcances	7
3.2 Sismicidad y nivel de protección	7
3.2.1 Índice de sismicidad	7
3.2.2 Nivel de protección sísmica	8
3.2.3 Sismos para diseño estructural	8
3.3 Sismo básico	8
3.3.1 Definición	9
3.3.2 Espectro de diseño para el sismo básico	9
3.3.3 Perfiles del suelo	10
3.3.3.1 Perfil de suelo S1	10
3.3.3.2 Perfil de suelo S2	10
3.3.3.3 Perfil de suelo S3	10
3.4 Sismo de servicio	11
3.4.1 Definición	11
3.4.2 Espectro para el sismo de servicio (sismo frecuente)	11
3.5 Sismo extremo	15
3.5.1 Definición	15

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

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 4	
Aspectos Volcánicos	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 5	
Viento y otros efectos meteorológicos	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 6	
Condición del Terreno	
6.1 Criterio básico	17
6.1.2 Redes de infraestructura	17
6.1.3 Identificación de zonas de amenaza	17
6.2 Lineamientos para microzonificación municipal	18
6.3 Criterios de microzonificación	18
6.3.1 Zonas de precaución con Índice de sismicidad $I_0 = 5$	18
6.3.2 Flancos de barrancos	18
6.3.3 Terrenos inclinados	19
6.3.4 Franjas de terreno fisuradas o falladas	19
6.3.5 Arenales y suelos granulares saturados	19
6.3.6 Litorales, riberas y playas	20
6.4 Estudios y dictámenes geotécnicos	20
6.4.1 Preparación de informes	20
6.4.2 Clasificación de dictámenes geotécnicos	21
Capítulo 7	
Condiciones Ambientales	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 8	
Cargas y Combinaciones de cargas	
8.1 Requisitos Generales	23
8.1.1 Alcances	23

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

INDICE

Contenido	Página
8.1.2 Aplicación	23
8.1.2 Cargas muertas	23
8.2.1 Definición	23
8.2.2 Memoria de diseño	24
8.2.3 Peso de los materiales	24
8.2.4 Tabiques y particiones	24
8.2.5 Cerramientos y vidrieras	24
8.2.6 Equipos fijos	24
8.2.7 Equipos pesados	25
8.3 Cargas vivas	25
8.3.1 Definición	25
8.3.2 Cargas concentradas	25
8.3.3 Cargas vivas especificadas	26
8.3.4 Reducción de carga viva	30
8.4 Empuje de fluidos y de suelos	31
8.4.1 Empuje de fluidos	31
8.4.2 Empuje de suelos	31
8.4.3 Suelos saturados	31
8.4.4 Otros empujes	31
8.5 Combinaciones de carga	32
8.5.1 Método de diseño	32
8.5.2 Combinaciones de carga para diseño por el método de esfuerzos de servicio	32
8.5.3 Combinación de carga para sismo de servicio	33
8.5.4 Combinaciones de carga para diseño por el método de resistencia a la cedencia	33
8.5.5 Combinaciones de carga para diseño sismorresistente	34
8.5.6 Combinaciones de carga para cimentaciones	35
8.5.7 Combinaciones de carga para el diseño de estructuras de mampostería reforzada	37

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 9	
Limitaciones de deformación	
9.1 Requisitos generales	39
9.1.1 Alcances	39
9.1.2 Aplicación	39
9.2 Deformaciones de servicio	39
9.2.1 Descripciones	39
9.2.2 Cálculo	40
9.2.3 Límites de deformación	40
9.3 Deformaciones laterales elásticas	41
9.3.1 Descripción	41
9.3.2 Cálculo	41
9.3.3 Límites de deformación lateral elástica	41
9.4 Deformaciones sísmicas debido al sismo básico	42
9.4.1 Descripciones y propósito del cálculo	42
9.4.2 Cálculo	42
9.4.3 Límites de deformación sísmica	42
9.4.5 Desplazamientos laterales post-elásticos	44
9.4.6 Deformaciones en cimentaciones	44
9.4.7 Compatibilidad con otros criterios	45
9.4.8 Construcción junto a linderos	45
9.4.9 Especificaciones complementarias para deformaciones	45

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

CAPITULO 1

CRITERIO Y DIRECTRICES

1.1 Alcances

La Norma Recomendada NR-2 define los estados límite que deben de cumplir las estructuras, las solicitaciones de carga mínimas de diseño, los criterios de aceptabilidad del terreno y los niveles mínimos de protección que se debe emplear en el diseño estructural de edificaciones. Las solicitaciones y otras condiciones que obligadamente forman parte del diseño estructural incluyen, pero no están limitados a: inestabilidad del terreno, cargas de gravedad, empujes de diversa naturaleza, sismos, actividad volcánica, viento y otros efectos meteorológicos y ambientales.

La norma NR-2 también incluye los lineamientos básicos para efectuar estudios geológicos y geotécnicos de los sitios de proyecto.

1.2 Directrices generales

Para las obras y edificaciones y para los terrenos donde éstas están localizadas o donde se proyecta localizarlas, el diseñador establecerá con base en los capítulos 2, 3, 4 y 5 lo siguiente:

- (a) Las cargas y fuerzas específicas para cada uno de los dos estados límite;
- (b) Los niveles de protección necesarios;
- (c) Las limitaciones, restricciones y recomendaciones que se deriven de cada tipo de peligro natural;
- (d) Los parámetros numéricos que se requieran para evaluar los terrenos, y para analizar y diseñar estructuralmente las edificaciones

Seguidamente el diseñador procederá a investigar y calificar el terreno del sitio de construcción conforme a las disposiciones del capítulo 6.

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

Finalmente el diseñador establecerá las combinaciones de carga conforme al capítulo 8. También establecerá las limitaciones de deformación y deflexiones estructurales conforme al capítulo 9.

CAPITULO 2
ESTADOS LIMITE

2.1 Alcances y criterios

En estas normas se identifican explícitamente dos estados límite que las edificaciones deben satisfacer: el estado límite de servicio y el estado límite de cedencia.

El criterio que se especifica para el estado límite de servicio es evitar que la estructura sobrepase los límites de deformación y deflexión que afectan la apariencia y la funcionalidad de la misma.

El criterio que se especifica para el estado límite de cedencia es relativo a la resistencia y estabilidad de toda o de una parte de la estructura. Este límite se alcanza cuando una estructura o una parte de la misma ya no es capaz de soportar las cargas o fuerzas específicas que actúan sobre ella. Esta falla puede deberse a un suministro insuficiente de resistencia, ductilidad o estabilidad, o a una combinación de ellas.

2.2 Estado límite de servicio

Para este estado límite, las deformaciones de la estructura no deben causar daño, ni pérdida de funcionalidad a la estructura o a sus partes.

Si se supone en el análisis un comportamiento elástico lineal del material, se deben considerar los efectos resultantes de las deformaciones de la estructura por la imposición de las cargas.

Para aquellas estructuras cuya ocupación sea una actividad rítmica de grupo, por ejemplo danza, conciertos, ejercicios de salto o gimnasia, y posean una frecuencia fundamental de vibración menor que 8 Hz, se deberá investigar los efectos de una posible resonancia mediante métodos de análisis dinámico, con la finalidad de garantizar la funcionalidad de la misma.

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

2.3 Estado límite de cedencia

Para este estado límite se debe garantizar que las deformaciones en cualquier elemento de la estructura calculadas de acuerdo con los principios establecidos de la elasticidad o plasticidad, no excedan a la capacidad de deformación del elemento. Para alcanzar este cometido se investigará la capacidad de curvatura o la capacidad de rotación en la articulación plástica en las regiones de fluencia debidas a flexión; o bien, la elongación plástica en las regiones de fluencia.

Los requisitos del párrafo anterior no se aplicarán cuando la resistencia de los elementos provenga de las propiedades de los materiales, y se calcule con base en alguno de los métodos siguientes:

- (a) Análisis elástico, o
- (b) Análisis elástico con redistribución de momentos flexionantes; el excedente de dicha redistribución debe satisfacer los límites especificados de las propiedades de los materiales, o
- (c) Análisis plástico.

Excepto cuando se haga un diseño por capacidad, la resistencia estructural se basará en la resistencia nominal calculada de acuerdo con las propiedades de los materiales empleados. Los parámetros necesarios para evaluar la resistencia nominal de estructuras de retención de tierra (muros de contención) deberán provenir de investigación "in situ" o de estudios de datos confiables.

Para la combinación de las cargas factoradas que no incluyan sismo, el diseño de la estructura y sus partes deberán prevenir la inestabilidad debida a momento de volteo, a deslizamiento o a levantamiento. Para tal fin, se debe cumplir con lo siguiente:

- (a) Investigar en la estructura que tipo de inestabilidad potencial puede ocurrir; luego suponer un mecanismo que represente dicha inestabilidad potencial;
- (b) Las fuerzas y cargas aplicadas a la estructura deberán cumplir con las combinaciones de carga especificadas en el capítulo 8 de esta norma;
- (c) Las cargas y fuerzas que actúan en la estructura se subdividirán en dos categorías: las que tiendan a causar inestabilidad y aquellas que tiendan a resistir la inestabilidad;

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

- (d) Determinar separadamente las acciones estabilizantes y desestabilizantes (momentos alrededor del centro de rotación en caso de volteo, fuerzas paralelas en el plano de deslizamiento, y fuerzas paralelas a la dirección del levantamiento);
- (e) Factorar las acciones que tiendan a causar inestabilidad de acuerdo con el capítulo 8 de esta norma;
- (f) Multiplicar por un factor de reducción de 0.9 las acciones que tiendan a resistir la inestabilidad;
- (g) La suma de las acciones que resisten la inestabilidad (ya reducidas por el factor de 0.9) no deberá ser menor que la suma de las acciones que tienden a causar la inestabilidad.

CAPITULO 3

ASPECTOS SISMICOS

3.1 Alcances

Los requisitos de este capítulo establecen el nivel de protección sísmica que se requiere según las condiciones sísmicas de cada localidad y según la clasificación de cada obra. En este capítulo también se establecen los parámetros que posteriormente sirven para el análisis y diseño de las estructuras y para evaluar la aceptabilidad del sitio de proyecto desde el punto de vista sismorresistente.

3.2 Sísmicidad y nivel de protección

3.2.1 *Índice de sísmicidad*

El índice de sísmicidad (I_0) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación.

Para efecto de estas normas, el territorio de Guatemala se divide en macrozonas caracterizadas por su índice de sísmicidad que varía de $I_0 = 2$ a $I_0 = 4$. La distribución geográfica del índice de sísmicidad se especifica en la figura 3.1 que es un mapa base de macrozonificación sísmica de la república.

Adicionalmente, estas normas requieren la aplicación de un índice de sísmicidad $I_0 = 5$ a nivel de microzona para tomar en cuenta condiciones localizadas. El índice $I_0 = 5$ indica que se debe tomar precauciones especiales en vista de efectos sísmicos potencialmente severos. Las zonas con índice de sísmicidad $I_0 = 5$ están definidas en las disposiciones del capítulo 6 de esta norma.

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

3.2.2 Nivel de protección sísmica

El nivel de protección sísmica, necesario para cumplir las directrices del inciso 1.4 de la norma NR-1, se establecerá de acuerdo con el cuadro 3.1 en función del índice de sismicidad I_0 y la clasificación de obra.

Puede acatarse cualquier requerimiento que corresponda a un nivel de protección más alto que el nivel mínimo especificado en el cuadro 3.1.

INDICE DE SISMICIDAD I_0	CLASIFICACION DE OBRA				
	Crítica	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
5	E	E	D	C2	C1
4	E	D	C2	C1	B
3	D	C2	C1	B	B
2	C2	C1	B	B	A

Nota: ver clasificación de obra en inciso 1.3, norma NR-1, e Índice de sismicidad en inciso 3.2.1, norma NR-2

Cuadro 3.1 - Nivel de protección sísmica

3.2.3 Sismos para diseño estructural

Para efecto de estas normas, se especifica los sismos para diseño estructural por medio de espectros de respuesta sísmica simplificados, llamados "espectros de diseño". Los sismos de diseño se denominan aquí "básico", "frecuente" y "extremo".

3.3 Sismo básico

3.3.1 Definición

El "sismo básico" para el estado límite de cedencia se define como un sismo que tiene un 90 por ciento de probabilidad de no ser excedido en un período de 50 años.

3.3.2 Espectro de diseño para el sismo básico

El espectro de diseño para el estado límite de cedencia se construirá con la ecuación 3.1:

$$S_a(T) = A_0 D(T) \dots\dots\dots (Ec. 3.1)$$

Cuyos términos se definen a continuación:

$S_a(T)$: Representa la respuesta sísmica máxima de un oscilador elástico de un grado de libertad. Esta función está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

A_0 : Es una medida de la aceleración máxima efectiva del terreno correspondiente al sismo básico de diseño. El valor de éste parámetro es específica en la figura 3.1, y en el cuadro 3.2. A menos que se indique explícitamente, el valor del parámetro A_0 para microzonas con índice de sismicidad $I_0 = 5$ no necesita ser mayor que el valor para $I_0 = 4$.

T : Es el periodo de vibración del oscilador y representa al periodo fundamental de vibración de la estructura o al periodo de alguno de sus modos de vibración, según el método requerido para el análisis.

$D(T)$: Representa la amplificación dinámica de la respuesta máxima del oscilador elástico de un grado de libertad. Es función del parámetro T , esta función depende del tipo de perfil del suelo en el sitio de construcción de acuerdo con el inciso 3.3.3. Las funciones $D(T)$ consideradas en estas normas se especifican en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4; y en los cuadros 3.3 y 3.4.

3.3.3 *Perfiles del suelo*

Para establecer el espectro del sismo de diseño, en estas normas se definen tres perfiles de suelo.

3.3.3.1 *Perfil de suelo S1*

Este perfil satisface cualquiera de las siguientes condiciones:

- (a) Roca de cualquier clase; tal material puede caracterizarse por velocidades de onda de corte mayores que 800 metros por segundo;
- (b) Suelo rígido cuyo basamento rocoso está a menos de 50 metros de profundidad y constituido por cenizas volcánicas, arenas y gravas densas o arcillas firmes.

3.3.3.2 *Perfil de suelo S2*

Este perfil satisface cualquiera de las siguientes condiciones:

- (a) Suelo firme, cuyo basamento rocoso está a más de 50 metros de profundidad y cuyos depósitos son cenizas volcánicas, suelos granulares densos, limos densos o arcillas firmes;
- (b) En general, suelos firmes y estables cuyos perfiles no clasifican como S1 ni como S3.

3.3.3.3 *Perfil de suelo S3*

Este perfil satisface cualquiera de las condiciones siguientes:

- (a) Depósitos de más de 10 metros de espesor de cenizas, arenas o limos desde sueltos hasta de densidad media;
- (b) Depósitos entre 10 y 20 metros de espesor de arcillas blandas o semiblandas con o sin estratos arenosos intermedios;

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

- (c) En general, perfiles de suelo donde la velocidad de onda de corte del depósito es menor que 200 metros por segundo.
- (d) En caso de duda se tomará el resultado más crítico de suponer perfil S2 y S3.

3.4 Sismo de servicio

3.4.1 Definición

El sismo de servicio, llamado en estas normas sismo frecuente, se define como un sismo que tiene una alta probabilidad de ocurrencia durante la vida útil de la estructura.

3.4.2 Espectro para el sismo de servicio (sismo frecuente)

El espectro correspondiente al sismo de servicio -sismo frecuente- se estimará de acuerdo con la ecuación 3.2:

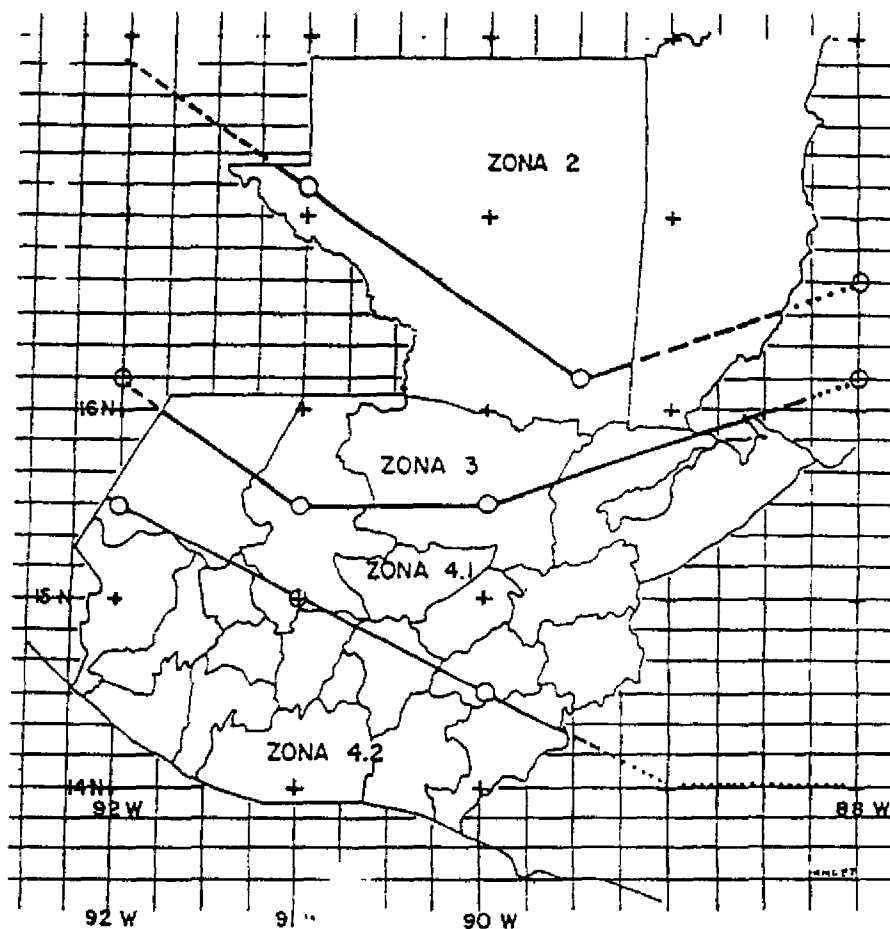
$$S_f(T) = A_f D(T) \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

D(T): Es la misma función de amplificación dinámica definida en 3.3.2.

A_f Es una medida de la aceleración máxima del suelo producida por el sismo frecuente o de servicio. El valor de éste parámetro se especifica en el cuadro 3.2.

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



La retícula de este mapa coincide con el mapa 1:50,000 de la República de Guatemala

Figura 3.1 - Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala

ZONA	I_0	A_0	A_f	Observaciones
2	2	0.15 g	0.015 g	Cuando sea necesario interpolarse sobre líneas norte-sur
3	3	0.15 a 0.40 g	0.015 a 0.15 g	
4.1	4	0.40 g	0.15 a 0.20 g	
4.2	4	0.40 g	0.20 g	

Cuadro 3.2 - Aceleraciones máximas efectivas para el sismo básico y para el sismo frecuente

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

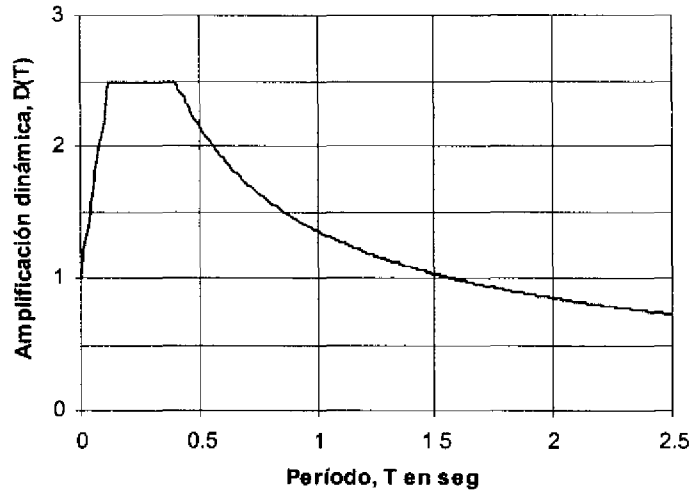


Figura 3.2 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S1, con 5% de amortiguamiento crítico

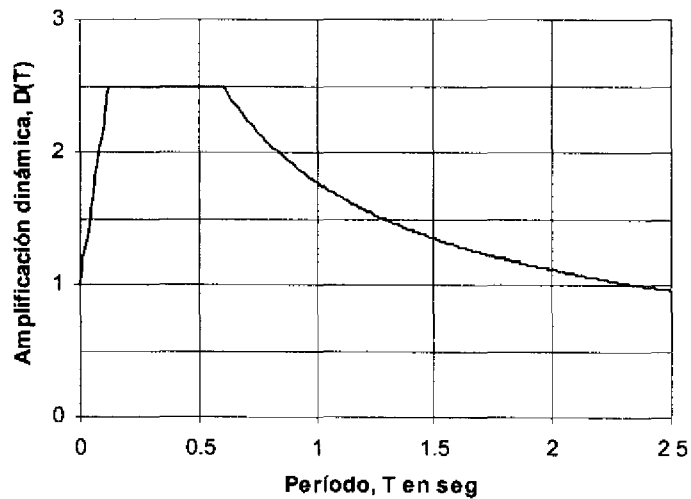


Figura 3.3 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S2, con 5% de amortiguamiento crítico

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

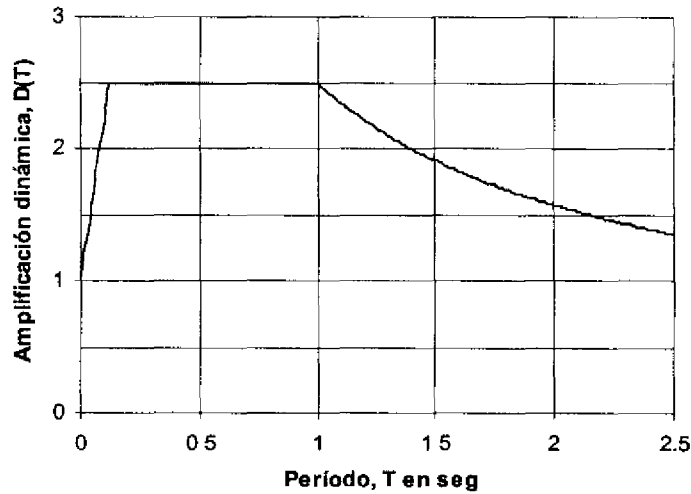


Figura 3.3 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S3, con 5% de amortiguamiento crítico

Función de amplificación dinámica	
Cuando $T < T_A$	$D(T) = 1.0 + 1.5 T / T_A$
Cuando $0 < T < T_B$	$D(T) = 2.5$
Cuando $T \geq T_B$	$D(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.67}$

Cuadro 3.3 - Funciones de amplificación dinámica

	Perfil del suelo		
	S1	S2	S3
T_A	0.12	0.12	0.12
T_B	0.40	0.60	1.0

Cuadro 3.4 - Valor de los periodos T_A y T_B para distintos perfiles del suelo

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

3.5 Sismo extremo

3.5.1 Definición

Se define como "sismo extremo" al que tiene la máxima intensidad que puede ocurrir en el sitio. Para los casos en que se requiera un estimado de "sismo extremo" para fines de diseño estructural, se recurrirá a solicitar un dictamen específico de un experto en la materia. Como una guía general, el espectro de este sismo puede estimarse de acuerdo con la ecuación 3.3.

$$S_u(T) = 1.3 A_0 D(T) k_u(T) \dots \dots \dots \dots \dots \dots (Ec. 3.3)$$

Donde:

A_0 y $D(T)$: se especifican en el inciso 3.3.2;

$k_u(T)$: factor de modificación que recalibra la función $D(T)$ para tomar en cuenta el amortiguamiento post-elástico que ocurriría durante las severas excursiones al intervalo post-elástico de la estructura producidas por el evento extremo.

Este sismo se podrá usar cuando estas normas lo requieran (por ejemplo para Nivel de Protección E), o cuando el diseñador estime conveniente hacer un análisis más completo. Así mismo, el diseñador podrá hacer uso de estudios más detallados sobre el patrón de sismicidad de una zona y con base en éstos, siempre que se justifique plenamente, modificar o substituir el criterio de esta sección. En todo caso el diseño no deberá dar por resultado una sismorresistencia menor que la que se obtendría de aplicar la sección 3.3.

"El documento original tiene pendiente a desarrollar los capitulos 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.

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,

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

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.

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.

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

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