

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.5 Sistema estructural**

**1.5.1 *Sistemas estructurales básicos***

La estructura de una edificación se clasificará conforme a lo especificado en este numeral. Cada estructura o cada parte significativa de la misma se clasificará, en cada dirección de análisis independientemente, en una de cinco posibles familias E1 a E5. En caso de no ser posible clasificarla, o en caso de duda, se clasificará como E6, "otro tipo".

**1.5.1.1 *Sistema de cajón (E1)***

Es un sistema estructural integrado con muros estructurales que soportan toda o casi toda la carga vertical. Las fuerzas sísmicas deben ser resistidas por los propios muros estructurales y/o por marcos arriostrados. Los muros y marcos deben estar unidos por diafragmas en el plano horizontal.

**1.5.1.2 *Sistema de marcos (E2)***

Es un sistema estructural integrado con marcos espaciales resistentes a flexión que soportan la carga vertical y además todas las sollicitaciones sísmicas. Todos los marcos deben estar unidos por diafragmas horizontales. Los marcos pueden ser ordinarios o especiales:

**1.5.1.2.1 *Sistema de marcos ordinarios (E2-1)***

Es un sistema E2 en el que los marcos deben cumplir únicamente requisitos sismorresistentes fundamentales según se define para cada uno de los sistemas constructivos de las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

**1.5.1.2.2 *Sistema de marcos especiales (E2-2)***

Es un sistema E2 en el que los marcos deben cumplir un número de requisitos sismorresistentes adicionales a los especificados para marcos ordinarios, con el objeto

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

de incrementar su confiabilidad y su capacidad post-elástica, según se define para cada sistema constructivo en las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

**1.5.1.3 *Sistema combinado de muros y marcos (E3)***

Es un sistema estructural constituido por un marco espacial esencialmente completo que soporta la carga vertical. Los marcos pueden ser ordinarios (E2-1). La totalidad de las solicitaciones sísmicas deben ser resistidas con muros estructurales o marcos arriostrados incorporados en algunos de los marcos. Todos los marcos deberán estar unidos por diafragmas en el plano horizontal. Por solicitaciones laterales, los marcos pueden limitarse a que, sin menoscabo de su capacidad portante vertical, acepten las acciones inducidas por las derivas laterales de la estructura.

**1.5.1.4 *Sistema dual de muros y marcos (E4)***

Es un sistema estructural constituidos por un marco espacial esencialmente completo que soporta la carga vertical. Los marcos deben ser especiales (E2-2). Las solicitaciones sísmicas se resisten con muros estructurales incorporados en algunos de los marcos o incluyendo marcos arriostrados (las riostras deben ser del tipo excéntrico). Los marcos deben estar unidos por diafragmas horizontales y deben resistir las solicitaciones sísmicas en proporción a sus rigideces relativas, tomando en cuenta la interacción entre muros y marcos. Los marcos especiales deben resistir por sí mismos el 25% de las solicitaciones sísmicas especificadas cuando en el modelo estructural se anula la rigidez lateral de los muros (pero no su rigidez axial) y la rigidez de las riostras. Algunos marcos pueden ser ordinarios, en cuyo caso no se los asigna al sistema sismorresistente; los marcos ordinarios no deben estar en el perímetro de la edificación.

**1.5.1.5 *Péndulo invertido***

Es un sistema estructural en el cual los elementos que soportan la carga vertical resisten todas las fuerzas sísmicas actuando esencialmente como voladizos verticales aislados, sin acción de marco.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

Si los elementos que soportan la carga vertical están conectados horizontalmente entre sí, se podrá verificar si la estructura cumple con las características especificadas en el capítulo 10.

**1.5.2 *Sistemas estructurales alternos***

Las edificaciones y otras obras consideradas en esta norma a partir del capítulo 8, o bien en las normas NR-4, NR-5 o NR-6, no requieren clasificarse conforme al inciso 1.5.1, sino como se requiera específicamente en los capítulos respectivos.

**1.5.3 *Otros sistemas estructurales***

Las edificaciones y otros sistemas estructurales que no clasifiquen dentro de las condiciones de los incisos 1.5.1 y 1.5.2 se diseñarán para resistir las solicitaciones sísmicas especificadas para las estructuras tipo E5 en el cuadro 1.1.

**1.5.4 *Combinación de sistemas estructurales***

Cuando una misma edificación incorpore varios sistemas estructurales se aplicará lo siguiente:

- (a) En cualquier piso y en cualquier dirección de análisis, el valor de R no debe exceder al menor de los valores obtenidos en el cuadro 1.1 para los diferentes sistemas estructurales existentes en esa dirección, por encima del piso considerado.
- (b) Los componentes comunes a varios sistemas estructurales se diseñarán y detallarán conforme a los requisitos correspondientes al mayor valor de R.

**1.5.5 *Sistemas estructurales para el nivel de protección A y B***

Para estructuras que requieran Niveles de Protección A o B se permite cualquier tipo de sistema estructural incluido en estas normas, sin restricciones.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.5.6 *Sistemas estructurales para el nivel de protección C***

Para estructuras que requieran Nivel de Protección C1 o C2 el sistema estructural cumplirá con los requisitos siguientes:

- (a) Compatibilidad de deformaciones: para elementos estructurales que no se consideren parte del sistema sismorresistente se verificará que su capacidad para resistir carga vertical no sea disminuida por los esfuerzos inducidos por las derivas entre pisos.
- (b) Interacciones indeseables: los marcos estructurales con elementos más rígidos adyacentes no considerados en el esquema estructural (incluyendo sillares, cenefas y tabiques rígidos de altura o longitud parcial o total) se diseñarán de manera que el efecto y/o la falla de esos elementos no interfiera ni menoscabe la capacidad estructural del marco. Si se opta por aislar dichos elementos de la estructura principal éstos se diseñarán de acuerdo con el inciso 1.7 y el capítulo 7. En todo caso se tomará en cuenta en el diseño el efecto de esos elementos rígidos cuando la estructura esté sujeta a las deformaciones totales de diseño de acuerdo con los incisos 2.6 o 3.13.
- (c) Sistema E2 sobre suelo con perfil S3: los edificios con sistemas E2 de más de 12.5 metros de altura a construirse sobre suelo S3 se diseñarán para el nivel de protección inmediato superior al que les corresponde.
- (d) Sistema E2 de un tramo: los edificios con sistema E2 de un solo tramo en cualquier dirección se diseñarán para el nivel de protección inmediato superior al que les corresponde. Su altura está limitada a 15 metros cuando se construya sobre suelo con perfil S3.
- (e) Edificios de 30 a 50 metros de altura: deberán tener uno de los siguientes sistemas sismorresistentes:  
  
Sistema dual (sistema E4); sistema combinado (sistema E3), limitado a marcos de acero o concreto reforzado con muros estructurales y/o riostras dispuestos de tal manera que los muros o riostras en un plano dado no resistan más de 60% de la carga sísmica (torsión incluida) en esa dirección si todos los muros y riostras en todas direcciones están en la periferia; no más del 40% si algunos muros no están en la periferia; no más del 30% si ningún muro está en la periferia.
- (f) Edificios de más de 50 metros de altura: deberán tener un sistema sismorresistente dual (sistema E4).

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.5.7 Nivel de protección D o superior**

Para estructuras que requieren Nivel de Protección D o superior se cumplirá con los requisitos para el Nivel de Protección C excepto que las limitaciones de altura del inciso 1.5.6 se reducirán de 30 a 20 metros y de 50 a 30 metros respectivamente.

**1.6 Configuración de la edificación**

En esta sección se especifica los valores de los índices de calidad  $q_i$  con base en la redundancia estructural, la configuración en planta y la regularidad vertical. El cuadro 1.2 servirá de guía para la asignación de los valores  $q_i$ . Esta sección no aplica a:

- (a) Los sistemas estructurales E5 para los que se supondrá  $Q = 0.75$ , y se pasará a la sección 1.7;
- (b) Edificaciones con cubiertas especiales como cáscaras y membranas. Véase el capítulo 8, obviando todas las demás secciones restantes de éste capítulo;
- (c) Sistemas E1. Véase el capítulo 9, obviando todas las demás secciones restantes de éste capítulo;
- (d) Edificaciones sin diafragma. Véase el capítulo 10, obviando todas las demás secciones restantes de éste capítulo.

**1.6.1 Redundancia estructural**

La redundancia se verificará separadamente para cada dirección de análisis atendiendo al número de tramos, número de ejes estructurales y al número de muros en cada dirección.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.6.1.1 Número de tramos ( $q_1$ )**

Número de tramos	Requisito	Indice $q_1$
4 o más	Tramo menor > 0.75 tramo mayor	+2.5
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	+1.5
3 tramos	Tramo menor > 0.75 tramo mayor	+1.5
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	0.0
2 tramos	Tramo menor > 0.70 tramo mayor	0.0
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	-2.5
1 tramo	-	-3.0
Ningún tramo	Es estructura tipo E5	-

Para relaciones intermedias a las indicadas se puede interpolar o tomar el índice menor. La longitud del tramo, para efectos de la comparación anterior, se define por conveniencia como el claro libre entre soportes consecutivos. Si dos soportes están acoplados por medio de un dintel, no se contará el dintel como uno de los tramos. Si dos soportes están acoplados con una viga o elemento articulado en ambos extremos no se contará ese tramo. Si los marcos en una dirección dada tienen diferentes índices, el índice  $q_1$  será el promedio aritmético de los índices de cada marco en esa dirección de análisis.

**1.6.1.2 Número de ejes estructurales ( $q_2$ )**

Número de ejes estructurales	Requisito	Indice $q_2$
5 o más	-	+2.5
4 ejes	$S_{min} > 0.70 S_{max}$	+2.5
	$S_{min} > 0.45 S_{max}$	0.0
3 ejes	$S_{min} > 0.70 S_{max}$	0.0
	$S_{min} > 0.45 S_{max}$	-2.5
2 o menos	-	-3.0

En las expresiones anteriores, S es el espaciamiento entre ejes medido centro a centro. Para relaciones intermedias a las indicadas se puede interpolar o tomar el índice menor.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.6.1.3 Presencia de muros o riostras ( $q_3$ )**

Si la estructura tiene en al menos el 33% de sus ejes estructurales uno o más muros estructurales cuya relación  $L/h_m$  sea mayor que 1.5 o bien dos o más muros estructurales cuya relación  $L/h_m$  sea mayor que 0.67 se le podrá asignar un índice de calidad  $q_3 = +2.5$  siempre y cuando los muros no generen una planta irregular de acuerdo con la definición del inciso 1.6.2. Si en cada eje con muros hay al menos dos que estén acoplados entre sí con dinteles dúctiles se puede añadir +1.0 al índice  $q_3$ . En la anterior relación  $L/h_m$ ,  $L$  es la longitud en planta del muro y  $h_m$  es la mayor de las alturas libres del entrepiso en la edificación.

Los muros pueden substituirse por arriostramientos diagonales excéntricos que cumplan con los requisitos del capítulo 3 de la norma NR-7; en tal caso el índice  $q_3$  no excederá de +2.0.

Los sistemas de cajón E1 tienen un índice de calidad  $q_3 = +2.5$ .

Es implícito en las estructuras con muros o riostras que debe haber diafragmas horizontales capaces de recolectar y transferir a los muros las demandas sísmicas en cada piso.

**1.6.2 Configuración en planta**

Para poder utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente, el análisis modal espectral en dos dimensiones, o análisis dinámico paso a paso bidimensional, una estructura deberá satisfacer los siguientes requisitos de regularidad horizontal:

- (a) Los diafragmas de todos los pisos sobre el nivel del suelo no deberán contener variaciones abruptas en rigidez, ni esquinas salientes o entrantes que pudieran influenciar significativamente la distribución de las fuerzas laterales en la estructura.
- (b) Uno de los dos siguientes subincisos:
  - (i) La distancia horizontal entre el centro de rigidez en cualquier nivel y el centro de masa de todos los niveles por arriba de dicho nivel no deberá exceder a 0.3 veces a la máxima dimensión en planta de la estructura para ese nivel particular, medida perpendicularmente en la dirección de la aplicación de las fuerzas

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

laterales, ni cambiar de signo en cada uno de los niveles de la estructura.

- (ii) Bajo la acción de las fuerzas laterales estáticas equivalentes, la relación del desplazamiento horizontal medido en el extremo de los ejes transversales localizados en la dirección de la aplicación de las fuerzas laterales deberá estar comprendida dentro del intervalo de  $3/7$  a  $7/3$ .

**1.6.2.1 Regularidad en planta ( $q_4$ )**

Si se cumple el inciso (a) de 1.6.2 en cada uno de los pisos podrá asignarse un índice de calidad  $q_4 = +2.5$  en cada dirección de análisis. Si ningún piso tiene planta regular se asignará un índice  $q_4 = -4.0$  en cada dirección de análisis. Las situaciones intermedias podrán interpolarse entre estos dos valores.

**1.6.2.2 Excentricidad en planta ( $q_5$ )**

Si se cumple el inciso (b)(i) o (b) (ii) de 1.6.2 podrá asignarse un índice de calidad  $q_5 = +5.0$  en cada dirección de análisis. Si no se cumple ninguno de los dos se asignará un índice de calidad  $q_5 = -8.0$  en cada dirección de análisis. No habrá interpolación entre estos dos valores.

**1.6.3 Configuración vertical**

Para poder utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- (a) Los desplazamientos laterales o derivas de cada piso serán razonablemente proporcionales a la altura de ese piso sobre el nivel del suelo;
- (b) La rigidez de cualquiera de los entrepisos de la estructura deberá ser mayor o igual a la rigidez del correspondiente entrepiso inmediato superior;
- (c) Los tabiques, sillares y otros elementos secundarios o no estructurales no deberán contribuir a la rigidez lateral del entrepiso.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

Edificación (nombre) _____					
Clasificación de obra (inciso 1.3, norma NR-1) _____					
Índice de sismicidad del sitio (inciso 3.2.1, norma NR-2) _____					
Nivel de Protección requerido (inciso 3.2.2, norma NR-2) _____ <b>Asignado (electivamente)</b> _____					
Perfil del suelo (inciso 3.3.3, norma NR-2) _____					
Aceleración máxima efectiva del terreno: $A_o =$ _____ (figura 3.1, NR-2)					
Tipo de estructura (inciso 1.5, norma NR-3) _____ <b>Anotar si aplica 1.5.4</b> _____					
(Nota: si se aplica 1.5.2 ó 1.5.3 no llenar este cuadro sino el correspondiente en otras secciones)					
Anotar si aplica alguna restricción por incisos 1.5.6 ó 1.5.7, norma NR-3 _____					
Descripción de la estructura _____ (adjuntar planta esquemática)					
Número de pisos bajo el suelo _____ sobre el suelo _____					
Altura total bajo el suelo _____ sobre el suelo _____					
Longitud $X_{máx}$ bajo el suelo _____ sobre el suelo _____					
Longitud $Y_{máx}$ bajo el suelo _____ sobre el suelo _____					
(longitud X y Y son entre ejes extremos)					
Configuración de la edificación (índices $q_i$ conforme a 1.6, norma NR-3)		Dirección de análisis		Valores $q_i$ de referencia	
		X	Y	mínimo	Máximo
<b>Redundancia estructural</b>					
	Número de tramos	$q_{x1} =$ _____	$q_{y1} =$ _____	-3.0	+2.5
	Número de ejes estructurales	$q_{x2} =$ _____	$q_{y2} =$ _____	-3.0	+2.5
	Presencia de muros o riostras	$q_{x3} =$ _____	$q_{y3} =$ _____	0.0	+3.5
<b>Configuración en planta</b>					
	Regularidad en planta	$q_4 =$ _____		-4.0	+2.5
	Excentricidad en planta	$q_{x5} =$ _____	$q_{y5} =$ _____	-8.0	+5.0
<b>Configuración vertical</b>					
	Regularidad vertical	$q_{x6} =$ _____	$q_{y6} =$ _____	-12.0	0.0
	Factor Q de calidad sismorresistente (Ec. 1.2, NR-3)	$Q_x =$ _____	$Q_y =$ _____	-30.0	+16.0
	Factor genérico $R_o$ de reducción de respuesta (Cuadro 1.1)	$R_{ox} =$ _____	$R_{oy} =$ _____		

**Cuadro 1.2 – Guía para establecer el índice de calidad “Q” de una edificación**

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.6.3.1 Regularidad vertical ( $q_6$ )**

Si en todos los pisos de una estructura se cumple con los tres requisitos de 1.6.3 se podrá asignar un índice de calidad  $q_6 = +0.00$ . Si no se cumple con alguno de los tres requisitos de 1.6.3 se asignará un índice de calidad  $q_6 = -12.0$ . No habrá interpolación entre esos dos valores.

**1.7 Control de deformaciones, derivas y daños**

**1.7.1 Limitación de deflexiones por cargas de servicio**

Las deflexiones por cargas gravitacionales de servicio se calcularán conforme a lo especificado en la sección 9.2 de la norma NR-2. Los resultados no deberán exceder los límites especificados en esa misma sección.

**1.7.2 Limitación de derivas por viento**

Las derivas (ladeos o deformaciones laterales medidos entre dos entrepisos dados) causadas en una edificación por viento se calcularán conforme al método de la carga estática equivalente o mediante análisis dinámico, dependiendo del método de análisis estructural. Los resultados no deberán exceder los límites especificados en la sección 9.3 de la norma NR-2.

**1.7.3 Limitación de derivas sísmicas para el estado límite de servicio**

Las derivas en una edificación causadas por el sismo frecuente se calcularán conforme al método de la carga estática equivalente o mediante análisis dinámico, dependiendo del método de análisis estructural. Los resultados no deberán exceder los límites especificados en la sección 9.3 de la norma NR-2.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.7.4 *Limitación de derivas sísmicas para el estado límite de cedencia***

Las derivas en una edificación causadas por el sismo básico se calcularán de acuerdo con los capítulos 2, 3 o 4 de ésta norma, dependiendo del método de análisis estructural. No deberán exceder los límites de deformación de la sección 9.4 de la norma NR-2.

**1.7.5 *Limitaciones adicionales a las derivas sísmicas***

Cuando se utilicen tabiques “no estructurales” de mampostería en las paredes exteriores y alrededor de zonas principales de circulación y de salida de la edificaciones, las derivas locales especificadas en la sección 9.4 de la norma NR-2 quedan limitadas al 1.5%, excepto que se demuestre que la tabiquería resiste deformaciones mayores.

**1.7.6 *Colisiones entre cuerpos estructurales***

Todas las porciones de una edificación deben diseñarse y construirse para que actúen como una sola unidad estructural para resistir y transmitir las fuerzas laterales, especialmente las sísmicas, a menos que se separen adecuadamente entre sí para minimizar la posibilidad de colisión.

La separación necesaria entre unidades estructurales diferentes se calculará con base en las deformaciones calculadas como se indica en los incisos 2.5, 2.6, 3.11 o 3.13 de esta norma. Normalmente se sumarán los desplazamientos laterales calculados para cada cuerpo estructural para establecer la separación. Para Niveles de protección C1 o inferiores, la separación podrá ser la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las derivas máximas, excepto en el caso de separación de construcción del lindero.

**1.7.7 *Separación entre elementos no estructurales***

No deberá permitirse el contacto entre elementos considerados “no estructurales” a lo largo de las separaciones estructurales, excepto que los elementos realmente no interfieran estructuralmente y siempre que su destrucción no cause daños personales directos o indirectos, no obstruya circulaciones y no cause daños a la propiedad ajena.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.7.8 Juntas estructurales en circulaciones y salidas**

Las juntas estructurales que por alguna razón atraviesen zonas de circulación o salidas, se diseñarán arquitectónicamente y estructuralmente de modo que no ofrezcan peligro durante un evento sísmico y que el paso no quede obstaculizado después del evento.

**1.8 Procedimientos de análisis**

Esta sección especifica los procedimientos mínimos de análisis estructural que deben llevarse a cabo. Cualquier procedimiento generalmente aceptado en círculos técnicos como más riguroso (no necesariamente más conservador) puede ser utilizado en lugar del mínimo especificado. Sin embargo, en ningún caso el procedimiento alterno debe considerar un periodo fundamental de vibración del edificio mayor que el permitido por los capítulos 2 y 3 de esta norma.

**1.8.1 Nivel de protección A**

Edificios regulares o irregulares pueden no analizarse como un todo. Sin embargo, los requisitos de la sección 1.9 aplicarán a los componentes.

**1.8.2 Nivel de protección B**

Edificios regulares e irregulares se analizarán para sismo como un todo, al menos como se especifica en el capítulo 2 de esta norma.

**1.8.3 Nivel de protección C y D**

Edificios regulares en planta y elevación se analizarán al menos como se especifica en el capítulo 2 de esta norma.

Edificios irregulares en elevación pero regulares en planta se analizarán para sismo al menos como se especifica en el capítulo 3 de esta norma.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

Edificios irregulares en planta requerirán un análisis dinámico apropiado; un análisis modal que tome en cuenta los desplazamientos torsionales de las plantas y/o las deformaciones de los diafragmas, satisfará este requisito de análisis.

**1.9 Requisitos de diseño y detalles**

**1.9.1 Nivel de protección A**

El edificio podrá diseñarse y construirse utilizando cualquiera de los materiales y sistemas constructivos permitidos en las normas NR-7, NR-8 y NR-9. Únicamente deberá cumplirse con los requisitos de los incisos 1.10.4, 1.10.5 y 1.10.6 referentes a amarres, anclajes y continuidad de la estructura. Se cumplirá con el requisito del capítulo 6 de esta norma, relacionada con los detalles de cimentación.

**1.9.2 Nivel de protección B**

Además de cumplir con los requisitos para Nivel de protección A, el edificio deberá cumplir con lo siguiente:

- (a) Elementos y componentes estructurales: deberán cumplir con la parte aplicable de la sección 1.10 y la sección 6.3.2 relacionada con detalles de cimentación;
- (b) Materiales y sistemas constructivos: se sujetarán a las limitaciones para Nivel de protección B especificadas en las normas NR-7, NR-8 y NR-9;
- (c) Aberturas en diafragmas, muros y otras placas: se proveerán refuerzos de borde que se extenderán dentro de la placa lo suficiente para desarrollar y distribuir los esfuerzos adicionales generados por las aberturas.

**1.9.3 Nivel de protección C**

Además de cumplir con los requerimientos para Nivel de protección B, el edificio deberá cumplir con lo siguiente:

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

- (a) Elementos y componentes estructurales: deberá cumplir con los requisitos aplicables de la sección 1.10 y con la sección 6.3.3 relacionada con detalles de cimentación;
- (b) Materiales y sistemas constructivos: deberán cumplir con lo especificado para Nivel de protección C, en las normas NR-7, NR-8 y NR-9.

#### **1.9.4 Nivel de protección D y superior**

Los edificios deberán cumplir todos los requisitos para Nivel de protección C. Además los materiales y sistemas constructivos deberán cumplir con lo especificado para Nivel de protección D, con los requisitos de las normas NR-7, NR-8 y NR-9 y con la sección 6.3.4 relacionada con detalles de cimentación.

#### **1.10 Efectos de cargas en componentes estructurales**

Todos los componentes de los edificios deberán tener la suficiente capacidad estructural para resistir los efectos de las fuerzas sísmicas requeridas y las gravitacionales de cargas vivas y muertas. La dirección de aplicación de las cargas sísmicas usadas en el diseño serán las que produzcan el efecto crítico en cada componente. Los efectos de segundo orden deberán incluirse donde sean aplicables.

##### **1.10.1 Combinación de cargas**

La combinación de cargas para el diseño de los componentes estructurales se harán de acuerdo con lo que se indica en el capítulo 8 de la norma NR-2.

##### **1.10.2 Sistemas no redundantes**

En el diseño de un edificio deberá considerarse los efectos adversos potenciales que la falla de un elemento en particular, o conexión o componentes, puedan tener en la estabilidad general del edificio. Para estos casos deberán hacerse las modificaciones de diseño que sean necesarias para mitigar sus efectos.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.10.3 *Conexiones y continuidad***

Todas las partes de un edificio deberán estar interconectadas y las conexiones deberán ser capaces de transmitir la fuerza sísmica  $F_p$  inducida por las partes que se conectan (para el cálculo de  $F_p$  véase el capítulo 7). Toda parte pequeña de un edificio deberá ser conectada al resto del edificio con elementos capaces de resistir como mínimo  $A_o/3$  veces el peso de la parte. Los soportes de armaduras y vigas secundarias sobrepuestas deberán tener retenedores horizontales capaces de soportar como mínimo una carga horizontal igual al 10% de la reacción por cargas vivas y muertas; esta carga se transmitirá también a lo largo de la viga o armadura cuando el retenedor se halle en el soporte opuesto. Deberá tomarse precauciones para que vigas o armaduras apoyadas entre dos cuerpos estructurales no transmitan cargas sísmicas accidentales de un cuerpo a otro, a menos que estén específicamente diseñadas para ello.

**1.10.4 *Anclaje de paredes de concreto y mampostería***

Las paredes de concreto y mampostería deberán ser ancladas al techo o a los pisos que proporcionen el soporte lateral de la pared. El anclaje será una conexión directa entre la pared y el techo o pisos. Las conexiones deberán ser capaces de resistir una fuerza sísmica lateral  $F_p$  producidas por la pared; esa fuerza deberá ser no menor de  $140A_o$  kg/m (kilogramo por metro lineal de pared). Las paredes deberán ser diseñadas para la flexión que ocurra entre anclajes cuando el espaciamiento entre anclajes sea mayor de 2.40 m.

**1.10.5 *Anclajes de sistemas no estructurales***

Todas las partes y componentes de un edificio serán anclados para resistir la fuerza sísmica  $F_p$ , cuando así sea requerido en el capítulo 7 de esta norma.

**1.10.6 *Elementos colectores***

Se deberán diseñar e instalar elementos colectores para transferir las fuerzas sísmicas originadas en partes o porciones de la estructura a los elementos que proporcionen la resistencia necesaria.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA  
REPUBLICA DE GUATEMALA  
AGIES NR-3: 2000**

---

**1.10.7 *Diafragmas horizontales***

Son diafragmas horizontales los entrepisos y techos con rigidez suficiente par transferir fuerzas sísmicas  $V$  de un eje estructural a otro.

Las deflexiones en el plano del diafragma, que se determinen por análisis estructural, no deberán ser mayores que las que se permitan en los elementos conectados por éstos. Estas deflexiones permisibles no deberán ocasionar daños estructurales y deberán proporcionar la resistencia necesaria en forma continua sin causar daños a los ocupantes de los edificios.

Los diafragmas horizontales serán diseñados para resistir las demandas sísmicas que se determinen por análisis estructural. Resistirán cuando menos fuerza cortante igual a  $0.5 A_0$  veces el peso del diafragma y el de otros elementos conectados al mismo. Los diafragmas deberán tener los amarres y rigidizantes apropiados para distribuir las fuerzas de anclaje de las paredes en el diafragma, como se indica en la sección 1.10.3 o 7.2.2.

**1.10.8 *Fachadas y paredes no estructurales***

Las paredes no estructurales exteriores e interiores y sus anclajes deberán ser diseñados para una fuerza normal a la superficie igual a la especificada en el capítulo 7 de esta norma. Las interconexiones entre paredes y las conexiones al sistema de marcos deberán tener suficiente ductilidad y capacidad rotacional, o tener suficiente capacidad para resistir encogimientos, cambios de temperatura y asentamiento diferencial de los cimientos cuando estos defectos se combinan con fuerzas sísmicas.

**1.10.9 *Estructuras de péndulo invertido***

Las estructuras de péndulo invertido son estructuras en que el sistema de resistencia sísmica actúa como un voladizo aislado. Columnas o pilas de tipo de péndulo invertido serán diseñadas para los momentos de flexión de la base determinados según los procedimientos del inciso 2.1 de esta norma, y variando uniformemente a un momento en el extremo superior, tope, igual a la mitad del momento calculado en la base.

**1.10.10 *Movimientos sísmicos verticales para edificios en las categorías C y D***

La componente vertical de los movimientos sísmicos deberá ser considerado en el diseño de voladizos horizontales y componentes horizontales preesforzados. Para voladizos horizontales, estos efectos pueden simularse diseñando con una fuerza neta hacia arriba de 0.20 de la carga muerta, e incrementando en un 75% el coeficiente sísmico de diseño, para la fuerza que actúa hacia abajo. Para otros componentes horizontales que usen preesfuerzo esos efectos pueden ser satisfechos usando el inciso 8.1 de la norma NR-2.

**1.10.11 *Separación entre estructuras***

Todas las partes de un edificio deberán sr diseñadas y construidas para actuar como una unidad para resistir las fuerzas inducidas por movimientos sísmicos, a menos que estén separadas estructuralmente una distancia suficiente para evitar daños por contacto entre las partes. Esa separación será como mínimo igual a 1.4 veces el desplazamiento lateral  $\delta$ , como se determina en el inciso 2.5 de esta norma.