

*EL DOCUMENTO ORIGINAL
NO CONTIENE LAS PAGINAS
10 y 22*

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 solicitaciones 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 limite), 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 dirigirlo 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-9:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Alcance, contenido y supervisión técnica	
1.1 Alcance	1
1.2 Contenido de la norma	1
1.3 Supervisión técnica	1
Capítulo 2	
Materiales empleados y sus propiedades	
2.1 Unidades prefabricadas para levantado	3
2.1.1 Ladrillos de barro cocido	3
2.1.2 Bloques de concreto	3
2.2 Morteros	3
2.3 Graut	4
2.3.1 Graut fino	4
2.3.2 Graut grueso	4
2.4 Acero de refuerzo	5
2.5 Propiedades de los materiales	5
2.5.1 Resistencia a compresión del mortero	5
2.5.2 Resistencia a compresión del graut	6
2.5.3 Módulo de elasticidad del graut	6
2.5.4 Resistencia a compresión de la mampostería	6
2.5.4.1 Ensayo de muestras en laboratorio	6
2.5.4.1.1 Pilas de ensayo	7
2.5.4.1.2 Resultados de los ensayos	7
2.5.5 Módulo de elasticidad de la mampostería	7
2.5.6 Módulo de cortante de la mampostería	7
Capítulo 3	
Muros reforzados interiormente	
3.1 Definición	11
3.2 Requisitos generales	11
3.2.1 Tamaño de cisas	11

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9:2000**

INDICE

Contenido	Página
3.2.2 Inyección del graut	11
3 2 3 Espesor mínimo para muros	12
3.2 4 Relación de esbeltez para muros	12
3 2 5 Dimensión mínima para columnas aisladas	12
3 2 5 1 Relación de esbeltez para columnas aisladas	13
3 2 5 1 1 Altura libre para columnas aisladas	13
3 3 Requisitos para el acero de refuerzo	13
3 3 1 Separación entre varillas	13
3 3 2 Recubrimientos mínimo	13
3 3 3 Traslapes	14
3 3 4 Refuerzo en las cisas	14
3.3.5 Número de barras por celda	14
3 3 6 Porcentaje de refuerzo en muros	14
3 3.7 Requisitos para el esfuerzo vertical	15
3 3.7 1 Tipos de refuerzo vertical	15
3 3 7.2 Separación del refuerzo vertical	15
3 3 7 3 Refuerzo en la intersección de muros	16
3 3 9 Porcentajes de refuerzo mínimo para columnas aisladas	16
3 3.10 Refuerzo longitudinal para columnas aisladas	17
3 4 Metodología de diseño	17
3 4.1 Esfuerzos admisibles	17
3 4 1 1 Esfuerzo de compresión axial en muros de carga	17
3.4 1 2 Esfuerzo de compresión axial en columnas aisladas	18
3 4 1 3 Esfuerzo de compresión por flexión	18
3 4 1 4 Esfuerzo de corte	19
3 4 1 5 Esfuerzo de contacto	19
3 4 1 6 Esfuerzo de tensión	19
3 5 Muros de corte	19
3.5.1 Espaciamiento de refuerzo	20
3 5 2 Refuerzo horizontal	20
3 5.3 Refuerzo vertical	20
3 5 4 Intersección de muros	20
3 5 5 Esfuerzos verticales de tensión y compresión	21

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9:2000**

INDICE

Contenido	Página
3 5 6 Elementos horizontales entre muros de corte	21
3 5 7 Esfuerzo de corte en los muros	21
3 2 2 Inyección del graut	11
3 2 3 Espesor mínimo para muros	12
3 2 4 Relación de esbeltez para muros	12
Capítulo 4	
Muros Confinados	
4 1 Definición	23
4 2 Requisitos generales	23
4 2 1 Tamaño de las cisas	23
4 2 2 Espesor mínimo para muros	23
4 2.2.1 Relación de esbeltez para muros	23
4 3 Requisitos para el refuerzo horizontal	24
4 3.1 Dimensiones mínimas de las soleras	24
4 3.2 Sillares	24
4 3 3 Dinteles	24
4 3 4 Áreas	24
4 3 5 Tipos de soleras	25
4 3.6 Acero de refuerzo mínimo en las soleras	25
4 3 7 Resistencia del concreto para soleras, sillares y dinteles	25
4 3 8 Recubrimiento	26
4 4 Requisitos para el esfuerzo vertical	26
4 4 1 Dimensiones mínimas del refuerzo vertical	26
4 4 2 Área mínima de acero	26
4 4 3 Tipos de refuerzo vertical	27
4 4 4 Separación entre refuerzos verticales	28
4 4 5 Resistencia del concreto para refuerzos verticales	28
4 4 6 Recubrimiento	28
4 5 Metodología de diseño	29
4 5 1 Esfuerzos admisibles	29
4 5 1 1 Esfuerzo de compresión axial en muros de carga	29
4 5 1 2 Esfuerzo de compresión por flexión	29

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9:2000**

INDICE

Contenido	Página
4 5 1 3 Esfuerzo de corte	29
4 5 1.4 Esfuerzo de contacto	29
4 5 1.5 Esfuerzo de tensión	30
4 6 Muros aislados sin sobrecarga	30
Capítulo 5	
Requisitos de Sismoresistencia para Edificaciones tipo Cajon	
5 1 Requisitos básicos	31
5 2 Requisitos de análisis por carga lateral	31
5 2 1 Excentricidad accidental	31
5.2 2 Amplificación dinámica	31
5 2 3 Fuerza cortante debida al momento torsionante	32
5.3 Requisitos generales de sismoresistencia	32
5 3 1 Sistema de sismoresistencia	32
5 3 2 Simetria	32
5 3 3 Longitud mínima de muros	33
5 3 4 Distribución de muros	33
5 3.5 Rigidez torsional	34
5 4 Requisitos especificos de sismoresistencia	34
5 4 1 Requisitos adicionales para el refuerzo horizontal	34
5.4.2 Requisitos adicionales para el refuerzo vertical	34
5 4 3 Requisitos para el diafragma	35

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

CAPITULO 1

ALCANCE, CONTENIDO Y SUPERVISIÓN TÉCNICA

1.1 Alcance

Esta norma se aplica al diseño de muros construidos con piezas prismáticas de piedra artificial, macizas o con celdas, unidas con mortero aglutinante y reforzados con varillas de acero. Si el refuerzo está concentrado en elementos verticales y horizontales de concreto se denominan muros confinados, y si se localiza distribuido entre las piezas y las cisas se designan como muros reforzados interiormente.

Una edificación de mampostería reforzada diseñada siguiendo los requisitos generales de esta norma tiene un nivel de seguridad comparable a las de otras estructuras conformadas por otros materiales y siguiendo los lineamientos establecidos por las normas de AGIES.

Los requisitos consignados en esta norma están dirigidos fundamentalmente a lograr un comportamiento adecuado de la edificación cuando ésta se vea sometida a un sismo.

1.2 Contenido de la norma

Los materiales con que se conforman los muros de mampostería y sus propiedades se especifican en el capítulo 2. En el capítulo 3 se encuentran los requisitos que deben cumplir los muros reforzados interiormente, que se permiten para edificaciones de tipo cajón exclusivamente de un nivel. Los requerimientos para muros confinados se indican en el capítulo 4, y las consideraciones adicionales a la normativa general de las edificaciones de tipo cajón se establecen en el capítulo 5.

1.3 Supervisión técnica

La mampostería reforzada es un sistema de construcción sumamente susceptible a los efectos de la calidad de la mano de obra, por lo que deberá construirse bajo una estricta intervención y supervisión técnica, la que se llevará a cabo por un profesional idóneo. El supervisor deberá llevar un registro escrito de su labor donde anotará las observaciones

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

hechas. El supervisor, o su delegado deberán estar presente durante las labores de colocación de las unidades de mampostería, de las armaduras, y en las operaciones de inyección del grout.

CAPITULO 2

MATERIALES EMPLEADOS Y SUS PROPIEDADES

2.1 Unidades prefabricadas para levantado

Las unidades prefabricadas usadas para el levantado de los muros de mampostería reforzada deberán ser ladrillos de barro cocido o bloques de concreto.

2.1.1 Ladrillos de barro cocido

Este tipo de unidades deberá cumplir con la norma COGUANOR NGO 41 022 en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia. Según la relación “área neta / área gruesa” medida sobre planos perpendiculares a la superficie de carga, las unidades se clasifican en ladrillo macizo o tayuyo y ladrillo perforado o tubular. La relación “área neta / área gruesa” para las unidades de ladrillo macizo deberá ser igual o mayor que 0.75 y para las unidades de ladrillo perforado esta relación será menor que 0.75.

2.1.2 Bloques de concreto

Este tipo de unidades que generalmente posee un alto porcentaje de vacíos deberá cumplir con la norma COGUANOR NGO 41 054 en lo referente a calidad, dimensiones, absorciones y clasificación por resistencia.

2.2 Morteros

Los morteros usados para mampostería deberán ser una mezcla plástica de materiales cementantes y arena bien graduada. Dicha mezcla se utilizará para unir las unidades prefabricadas en la conformación de un elemento estructural. La dosificación de la mezcla deberá proveer las condiciones que permitan su trabajabilidad, capacidad para retención de agua, durabilidad y deberá contribuir a la resistencia a compresión del elemento estructural,

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

por medio de la pega entre las unidades prefabricadas para levantado. El tamaño nominal máximo de las partículas en la mezcla será de 2.5 mm.

2.3 Graut

Se define como “graut” a una mezcla de cemento, arena, grava fina y la cantidad de agua necesaria para proporcionar una consistencia fluida, que permita su colocación dentro de las celdas de las piezas prefabricadas alrededor del acero para los muros con refuerzo uniformemente distribuido (muros pineados); contribuyendo de esta forma a la resistencia a compresión del muro conformado.

Según el tamaño nominal máximo de los agregados el graut se clasificará como “graut fino” o “graut grueso”.

2.3.1 Graut fino

Este tipo de graut se utilizará cuando el espacio para el vaciado es pequeño, angosto o congestionado con refuerzo. Entre el acero de refuerzo y la unidad prefabricada para levantado deberá existir un espacio libre mínimo de 0.65 cm. La proporción por volumen para esta mezcla deberá ser de 1 parte de cemento y de 2.5 a 3 partes de arena con una cantidad de agua suficiente que garantice un revenimiento de 20 a 25 cm.

2.3.2 Graut grueso

Este tipo de graut se utilizará cuando el espacio entre el acero de refuerzo y la unidad prefabricada para levantado sea por lo menos 1.30 cm o cuando las dimensiones mínimas de las celdas en la pieza para levantado sean de 3.80 cm de ancho y 7.50 cm de largo. La proporción por volumen para esta mezcla deberá ser de 1 parte de cemento, 2.25 a 3 partes de arena, y de 1 a 2 partes de grava fina con una cantidad de agua suficiente que garantice un revenimiento de 20 a 25 cm.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

2.4 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se emplee en el refuerzo vertical (mochetas), soleras o varillas colocados en el interior del muro deberá consistir en varillas corrugadas que cumplan con la norma ASTM A703 o ASTM A615, o su equivalente GOGUANOR NGO 36 011. Se admitirá el uso de barras lisas o varillas de alta resistencia únicamente en algunos estribos y dispositivos de amarre.

2.5 Propiedades de los materiales

2.5.1 Resistencia a compresión del mortero

La resistencia a compresión característica del mortero estará en función de la dosificación de su mezcla. Los morteros con base a su capacidad compresiva y de adherencia se clasifican en tres tipos: I, II, o III. En el cuadro 2.1 se indica la dosificación por volumen para cada tipo de mortero, así como su resistencia característica a la compresión.

Tipo de mortero	Proporción Volumétrica			Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
	Cemento	Cal	Arena	
I	1.00	-	no menos de 2.25 y no más de 3 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal usados.	175
II	1.00	de 0.25 a 0.50		125
III	1.00	de 0.50 a 1.25		50

Cuadro 2.1 – Resistencia a compresión del mortero

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

2.5.2 Resistencia a compresión del graut

La resistencia a compresión característica del graut estará en función de la dosificación de su mezcla. Sus valores máximo y mínimo, a los 28 días, deberá ser de 1.5 y 1.2 veces la resistencia a compresión de la mampostería respectivamente.

2.5.3 Módulo de elasticidad del graut

El módulo de elasticidad del graut, “ E_g ” en kg/cm^2 , se podrá estimar como una función de su resistencia a compresión, “ f_g ”, de acuerdo con la ecuación 2.1.

$$E_g = 15100 \sqrt{f_g} \dots\dots\dots \text{(Ec. 2.1)}$$

2.5.4 Resistencia a compresión de la mampostería

La resistencia a compresión de la mampostería, “ f'_m ”, empleada como base para el diseño de muros se podrá determinar mediante ensayos de muestras en el laboratorio. Si no se realizan pruebas experimentales podrán emplearse los valores de f'_m que, para distintos tipos de piezas y morteros, se presentan en los cuadros 2.2 y 2.3.

2.5.4.1 Ensayo de muestras en laboratorio

Para conocer la resistencia a compresión de la mampostería para materiales provenientes de fabricantes específicos se podrán realizar ensayos de compresión no confinada en laboratorio con pilas de ensayo de acuerdo con los incisos 2.5.4.1.1 y 2.5.4.1.2. A menos que se especifique lo contrario, la edad de referencia para calcular el valor de “ f'_m ” se deberá basar en pruebas a los 28 días.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

2.5.4.1.1 Pilas de ensayo

Las pilas de ensayo se conformarán con un mínimo de dos unidades de mampostería colocadas una sobre otra de forma tal que sus juntas verticales coincidan en un mismo plano. Su altura mínima será de 30 cm, con una relación alto/espesor dentro del intervalo de 1.33 a 5.0; su longitud deberá ser igual a una unidad o parte de la misma, pero no menor de 10 cm. Para el caso de unidades con agujeros se deberá incluir al menos una celda con su respectiva pared transversal adyacente.

2.5.4.1.2 Resultados de los ensayos

La resistencia a compresión de la mampostería se tomará como la resistencia promedio de las muestras de ensayo multiplicado por el factor de corrección de la relación alto/espesor. En los cuadros 2.4 y 2.5 se presentan los valores de corrección para la mampostería con base en unidades de barro cocido y bloques de concreto.

2.5.5 Módulo de elasticidad de la mampostería

El módulo de elasticidad, “ E_m ” en kg/cm^2 , para la mampostería (tanto para unidades de mampostería de barro cocido o bloques de concreto) se podrá estimar como una función de su resistencia a compresión, “ f'_m ” de acuerdo con la ecuación 2.2.

$$E_m = 750 f'_m \dots\dots\dots (Ec. 2.2)$$

2.5.6 Módulo de cortante de la mampostería

El módulo de cortante, “ E_v ” en kg/cm^2 , para la mampostería (tanto para unidades de mampostería de barro cocido o bloques de concreto) se podrá estimar como una función de su módulo de elasticidad, “ E_m ” de acuerdo con la ecuación 2.3.

$$E_v = 0.4 E_m \dots\dots\dots (Ec. 2.3)$$

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

f'_p (en kg/cm ²) ^(a)	f'_m (en kg/cm ²) ^(b)		
	Mortero tipo I	Mortero tipo II	Mortero tipo III
25	15	10	10
50	35	25	20
75	65	50	40
125	90	80	70

^(a) f'_p es la resistencia a compresión de las piezas referida al área bruta.

^(b) para valores intermedios se interpolará linealmente.

Cuadro 2.2 – Resistencia a compresión de la mampostería de bloques de concreto

Tipo de ladrillo	f'_m (en kg/cm ²)		
	Mortero tipo I	Mortero tipo II	Mortero tipo III
Tayuyo	30	25	25
Tubular ^(a)	65	50	40
Perforado ^(a)	85	80	70

^(a) para piezas que posean una resistencia mínima a compresión de 90 kg/cm².

Cuadro 2.3 – Resistencia a compresión de la mampostería de ladrillos de barro cocido

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

h/t	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Factor de corrección	0.82	0.85	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00

Cuadro 2.4 – Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido

h/t	1.33	2.00	3.00	4.00	5.00
Factor de corrección	0.75	1.00	1.07	1.15	1.22

Cuadro 2.5 – Factores de corrección para muestras de bloques de concreto

CAPITULO 3

MUROS REFORZADOS INTERIORMENTE

3.1 Definición

Se denominan muros reforzados interiormente a los muros reforzados con varillas corrugadas de acero, colocadas verticalmente entre los agujeros o celdas de las piezas prefabricadas y horizontalmente entre las cisas.

3.2 Requisitos generales

3.2.1 *Tamaño de las cisas*

Las cisas horizontales y verticales deberán tener un espesor mínimo de 7 mm y máximo de 13 mm. Las piezas cuyas celdas deban inyectarse posteriormente con graut, deberán tener sus cisas tanto horizontales como verticales completamente pegadas con mortero en todo el espesor del muro.

3.2.2 *Inyección del graut*

Cuando se inyecten celdas de más de 1.40 m de altura se deberá hacer una ventana de limpieza en la parte baja del muro, la cual se cerrará después de haber hecho la limpieza y antes de colocar el graut. El graut de inyección se consolidará por medio de un vibrador o de una barra y se recompactará poco tiempo después de haber sido inyectado y consolidado. Ninguna celda donde se coloque refuerzo podrá tener una dimensión menor que 5 cm ni un área menor que 30 cm².

3.2.3 *Espesor mínimo para muros*

Los muros deberán tener un espesor nominal mínimo de 14 cm. La relación entre la distancia sin apoyos, ya sea horizontal o vertical, y el espesor del muro, deberá ser tal que atienda adecuadamente el pandeo tanto horizontal como vertical. Los muros no estructurales que tan solo soportan su propio peso podrán tener un espesor mínimo de 10 cm y una relación de la distancia sin apoyos al espesor, máximo igual a 30. La relación de esbeltez para muros y columnas se dan en los incisos 3.2.3.1 y 3.2.3.2 respectivamente.

3.2.3.1 *Relación de esbeltez para muros*

La relación de esbeltez para los muros estructurales se deberá tomar como la relación entre su altura libre y su espesor, y no deberá exceder de 20. Los muros con relaciones mayores que 20 deberán tener elementos adicionales de refuerzo, diseñados para imposibilitar el pandeo del muro.

3.2.3.1.1 *Altura libre para muros*

Cuando el muro tenga soporte lateral tanto arriba como abajo, su altura libre será la altura del muro. Cuando no exista soporte lateral en la parte superior del muro, su altura libre se deberá tomar como dos veces la altura del muro, medida a partir del soporte inferior.

3.2.4 *Intersección y amarre de muros*

Los muros que se encuentren, o lleguen a tope, sin traslape de piezas deberán amarrarse por medio de conectores o unirse entre sí, a menos que en el diseño se haya tenido en cuenta su separación.

3.2.5 *Dimensión mínima para columnas aisladas*

La dimensión mínima para columnas de mampostería reforzada será de 29 cm.

3.2.5.1 *Relación de esbeltez para columnas aisladas*

La relación de esbeltez para las columnas se deberá tomar como el valor mayor que se obtenga al dividir la altura libre en cualquier dirección entre la dimensión de la sección de la columna en la dirección correspondiente. Este valor no deberá ser mayor que 20.

3.2.5.1.1 *Altura libre para columnas aisladas*

Si la columna tiene soporte lateral en la dirección de ambos ejes principales tanto en la parte inferior como en la parte superior, la altura en cualquier dirección será la altura de la columna. Si la columna tiene soporte lateral en la dirección de ambos ejes principales en la parte inferior, y solo en un eje en la parte superior, su altura libre en la dirección del soporte lateral en la parte superior deberá ser la altura entre soportes. La altura libre en la dirección perpendicular a la dirección del soporte superior deberá ser dos veces la altura medida a partir del soporte inferior. Cuando no se tenga ningún soporte superior, la altura libre de la columna, para ambas direcciones se deberá tomar como dos veces la altura de la columna medida a partir del soporte inferior.

3.3 *Requisitos para el acero de refuerzo*

3.3.1 *Separación entre varillas*

La distancia libre mínima entre varillas paralelas de refuerzo deberá ser el diámetro del refuerzo pero no menos de 2.5 cm, con excepción en los traslapes.

3.3.2 *Recubrimiento mínimo*

Todo espacio que contenga una barra de refuerzo vertical deberá tener una distancia libre mínima entre el refuerzo y las paredes de la pieza igual a la mitad del diámetro de la varilla y se deberá llenar a todo lo largo con graut. La distancia libre mínima entre una varilla de refuerzo horizontal y el exterior del muro será de 1.5 cm o una vez el diámetro de la varilla, la que resulte mayor.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

3.3.3 *Traslapes*

La longitud de traslapes se especifica en la norma de concreto reforzado, NR-7, y su localización se deberá indicar en los planos estructurales.

3.3.4 *Refuerzo en las cisas*

El refuerzo que se coloque en las cisas horizontales deberá quedar embebido completamente entre el mortero de pega y deberá tener un gancho a 180° que garantice su anclaje en cada uno de los extremos del muro.

3.3.4 *Refuerzo en las celdas*

El refuerzo que se coloque en las celdas de las unidades prefabricadas deberá quedar completamente embebido dentro del graut de inyección.

3.3.5 *Número de barras por celda*

En muros de 14 cm de espesor o menos, solo podrá colocarse una varilla en una misma celda, para varillas No. 4 o mayores, y el diámetro máximo de la varilla será el No. 8 (25 mm). En ningún caso se podrán colocar más de dos varillas por celda.

3.3.6 *Porcentaje de refuerzo en muros*

La suma del porcentaje de refuerzo horizontal, ρ_h , y vertical, ρ_v , no deberá ser menor que 0.002 y ninguna de los dos porcentajes deberá ser menor que 0.0007. El porcentaje de refuerzo horizontal se calculará como $\rho_h = A_{sh}/st$, donde A_{sh} es el área de refuerzo horizontal que se colocará en el espesor t del muro a una separación s ; $\rho_v = A_{sv}/tL$, en que A_{sv} es el área total de refuerzo que se colocará verticalmente en la longitud L del muro.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

3.3.7 Requisitos para el refuerzo vertical

El diámetro mínimo para refuerzo vertical será No. 3. Las varillas del refuerzo vertical deberán principiar en la cimentación y terminar en la solera superior, debidamente ancladas a ella de acuerdo con lo estipulado en la norma NR – 7.

3.3.7.1 Tipos de refuerzo vertical

A fin de cumplir con lo establecido en el inciso 3.3.6, en el cuadro 3.1 se especifican tres tipos de refuerzo mínimo vertical. El refuerzo Tipo A deberá contar con eslabones No. 2 con gancho a 180° a cada 20 cm; el Tipo B llevará eslabones No. 2 con gancho a 180° a cada 20 cm.

Tipo A	Tipo B	Tipo C
4 No. 3	2 No. 3	1 No. 3

Cuadro 3.1 – Refuerzo mínimo vertical

3.3.7.2 Separación del refuerzo vertical

Las separaciones máximas a que podrán estar los refuerzos mínimos verticales entre sí, de acuerdo al material de los muros, se indica en el cuadro 3.2. En esquinas, intersecciones de muros y en ambos extremos de un muro aislado, se deberá colocar refuerzo Tipo A, aunque quede a menor distancia que la estipulada en dicho cuadro. En el caso de los extremos de un muro aislado, las cuatro varillas de que consta el refuerzo Tipo A deberán ubicarse consecutivamente en los últimos cuatro agujeros de cada extremo del muro. Los laterales de los vanos de las puertas y ventanas, deberán rematarse por lo menos con refuerzos Tipo B.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

Material del muro	Ancho (cm)	Distancia entre refuerzos Tipo A (m)	Distancia entre refuerzo Tipo A y refuerzo Tipo B (m)	Distancia entre refuerzo Tipo A y refuerzo Tipo C (m)	Distancia entre refuerzo Tipo B y refuerzo Tipo C (m)	Distancia entre refuerzos Tipo C (m)
Ladrillo tubular	23	5.00	2.50	1.00 ^(a)	1.00 ^(a)	1.00 ^(a)
bloques de arcilla cocida	14	4.00	2.00	0.80	0.80	0.80
	11	3.00	1.75	0.75	0.75	0.75
Bloques de concreto	15	4.00	2.00	0.80	0.80	0.80

^(a) En este caso el refuerzo Tipo C es un par de varillas No. 3

Cuadro 3.2 – Separación máxima del refuerzo vertical

3.3.7.3 Refuerzo en la intersección de muros

Para la distribución de las varillas en refuerzos Tipo A, en el caso de intersección de muros y esquinas, se deberá colocar una varilla por cada pared que llegue a la misma. Si se trata de una intersección en esquina, forma de L, deberá contener dos varillas de las cuatro que forman el refuerzo Tipo A en el agujero común, las otras dos restantes se localizarán a continuación de dicho agujero. Con relación a la intersección de un muro con otro, forma de T, las cuatro varillas del refuerzo Tipo A se distribuirán en cada uno de los agujeros que conforman la T.

3.3.9 Porcentaje de refuerzo mínimo para columnas aisladas

El porcentaje de refuerzo para columnas de mampostería reforzada, ρ_g , no deberá ser menor que 0.5% ni mayor que 4% del área de la columna. Deberá tener al menos cuatro varillas. Las varillas no podrán tener un diámetro menor que No. 4.

3.3.10 Refuerzo longitudinal para columnas aisladas

Las varillas longitudinales en las columnas deberán estar rodeadas por estribos. Estos estribos deberán ser por lo menos varillas No. 2. Los estribos no deberán espaciarse a más de 16 diámetros de varilla longitudinal, 48 diámetros de varilla de estribo, la dimensión mínima de la columna, la altura de las piezas de mampostería, ni 20 cm.

3.4 Metodología de diseño

El método aceptado en esta norma para el diseño de muros reforzados interiormente es el método de esfuerzos de trabajo, o también llamado esfuerzos de servicio, aún cuando se incluya las fuerzas de origen sísmico. Para esfuerzos causados por dichas fuerzas, los esfuerzos admisibles de trabajo que se dan en esta sección pueden multiplicarse por un factor de 1.33, correspondiente a un 33% de sobreesfuerzo por ser el sismo una carga temporal.

3.4.1 Esfuerzos admisibles

3.4.1.1 Esfuerzo de compresión axial en muros de carga

El esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kg/cm², no deberá exceder al valor calculado con la ecuación 3.1.

$$F_a = 0.20 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] \dots\dots\dots (Ec. 3.1)$$

Donde:

F_a : esfuerzo axial de compresión en el muro de mampostería

f' _m : resistencia a la compresión de la mampostería, definida en el capítulo 2 de esta norma

t : espesor del muro

h : altura libre del muro

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

3.4.1.2 Esfuerzo de compresión axial en columnas aisladas

La carga axial en columnas en kg/cm², no deberá exceder al valor especificado por la ecuación 3.2.

$$P = A_g \left(0.18 f'_m + 0.65 \rho_g f_s \right) \left[1 - \left(\frac{h}{40 t} \right)^3 \right] \dots\dots\dots (Ec.3.2)$$

Donde:

P : carga axial máxima en la columna aislada

A_g : área bruta de la columna

f'_m : resistencia a la compresión de la mampostería definida en el capítulo 2 de esta norma

ρ_g : porcentaje de refuerzo con respecto al área A_g

f_s : esfuerzo admisible a tensión o compresión en el refuerzo, definido en el inciso 3.4.1.6

t : dimensión menor de la columna aislada

h : altura libre de la columna aislada

3.4.1.3 Esfuerzo de compresión por flexión

El esfuerzo de compresión producido por la flexión, en kg/cm², no deberá exceder al valor obtenido con la ecuación 3.3.

$$F_b = 0.33 f'_m \dots\dots\dots (Ec.3.3)$$

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

3.4.1.4 Esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte en muros producido por fuerzas laterales, en kg/cm², no deberá de exceder al valor calculado de acuerdo con la ecuación 3.4

$$f_v = 0.3 \sqrt{f'_m} \dots\dots\dots (Ec. 3.4)$$

3.4.1.5 Esfuerzo de contacto

El esfuerzo de contacto, en kg/cm², no deberá ser mayor que los valores dados en las ecuaciones 3.5 y 3.6.

$$f_d = 0.25 f'_m \text{ (sobre el 100\% del área total) } \dots\dots\dots (Ec. 3.5)$$

$$f_d = 0.30 f'_m \text{ (sobre } \frac{1}{3} \text{ del área) } \dots\dots\dots (Ec. 3.6)$$

3.4.1.6 Esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión en las varillas de acero de refuerzo, en kg/cm², no deberá exceder al valor indicado en la ecuación 3.7.

$$f_s = 0.4 f_y \dots\dots\dots (Ec. 3.7)$$

3.5 Muros de corte

Los muros de corte de mampostería con refuerzo interior sometidos a fuerzas verticales y horizontales que actúan en su plano deberán cumplir además de los requisitos de las secciones 3.2 y 3.3, los siguientes requisitos.

3.5.1 *Espaciamiento del refuerzo*

El espaciamiento del refuerzo vertical no deberá ser mayor que 2.0 m, centro a centro entre refuerzos Tipo A. Para los restantes tipos de refuerzos verticales, la distancia máxima entre ellos, medida centro a centro, no deberá exceder a 0.75 m. El espaciamiento del refuerzo horizontal no deberá ser mayor que 0.80 m.

3.5.2 *Refuerzo horizontal*

Se deberá colocar refuerzo horizontal en la parte superior del cimiento corrido, en las partes superior e inferior de todas las aberturas en los muros, a la mitad del muro, a la altura de la losa de techo. Este refuerzo deberá ser continuo.

3.5.3 *Refuerzo vertical*

Se deberá colocar por lo menos dos varillas No. 3 en todos los bordes de todas las aberturas que tengan más de 60 cm en cualquier dirección. Este refuerzo se deberá continuar una longitud de desarrollo, pero no menos de 60 cm, más allá del borde de la abertura. La cantidad de varillas que se requieran como consecuencia de la aplicación de este inciso, deberán colocarse además de las que se requieran por refuerzo mínimo.

3.5.4 *Intersección de muros*

Cuando los muros de corte intersecten otros muros y se conforman secciones en forma de I o T simétricas, el ala efectiva no deberán exceder $1/6$ de la altura vertical total del muro por encima del nivel bajo estudio, ni 8 veces el espesor del ala. Cuando los muros se intersecten y formen secciones en L o C, el ala efectiva no deberá exceder $1/16$ de la altura, ni 8 veces el espesor del ala. Adicionalmente, se deberá tomar en cuenta en el diseño el esfuerzo de corte vertical (cisalladura) que se presenta en la unión entre el ala y el alma.

3.5.5 Esfuerzos verticales de tensión y compresión

Los esfuerzos verticales en los muros de corte se deberán determinar por el efecto combinado de las cargas verticales y por el efecto producido por las cargas laterales.

3.5.6 Elementos horizontales entre muros de corte

Se deberá tomar precauciones en el diseño por corte y por flexión de las vigas que unen los diferentes muros de corte. Cuando la luz del elemento sea menor de dos veces la altura del mismo, el refuerzo por corte deberá consistir en varillas diagonales que van de una esquina a la otra y que estén totalmente ancladas en los muros.

3.5.7 Esfuerzo de corte en los muros

Al calcular el esfuerzo de corte en el muro solo se deberá tomar en cuenta el área del alma de la sección, considerando únicamente el área donde exista mortero de pega o graut de inyección. El refuerzo por corte requerido se deberá colocar a una distancia no mayor de $1/3$ de la dimensión mayor de la sección del muro, ni 80 cm. Este refuerzo deberá terminarse en un gancho a 180° que quede anclado en el extremo del muro. Este gancho deberá quedar embebido en el mortero.

**CAPITULO 4
MUROS CONFINADOS**

4.1 Definición

Se denominan muros confinados a los muros de mampostería que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto, conocidas como mochetas y soleras respectivamente.

4.2 Requisitos generales

4.2.1 *Tamaño de las cisas*

Las cisas horizontales y verticales deberán tener un espesor mínimo de 7 mm y máximo de 13 mm. Todas las cisas horizontales y verticales deberán quedar pegadas con el mortero.

4.2.2 *Espesor mínimo para muros*

Los muros deberán tener un espesor nominal mínimo de 14 cm. La relación entre la distancia sin apoyos, ya sea horizontal o vertical, y el espesor del muro, deberá ser tal que atienda adecuadamente el pandeo tanto horizontal como vertical. Los muros no estructurales que tan solo soportan su propio peso podrán tener un espesor mínimo de 10 cm y una relación de la distancia sin apoyos al espesor, máximo igual a 30.

4.2.2.1 *Relación de esbeltez para muros*

La relación de esbeltez para los muros estructurales deberá tomarse como la relación entre su altura libre y su espesor, y no deberá exceder de 25. Los muros con relaciones mayores que 25 deberán tener elementos adicionales de refuerzo, diseñados para imposibilitar el pandeo del muro.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.2.2.2 *Altura libre para muros*

Cuando el muro tenga soporte lateral tanto arriba como abajo, su altura libre será la altura del muro. Cuando no haya soporte lateral en la parte superior del muro, su altura libre se deberá tomar como dos veces la altura del muro, medida a partir del soporte inferior.

4.3 *Requisitos para el refuerzo horizontal*

Todo muro de carga o de corte deberá llevar refuerzos horizontales de acero ligados a todas las piezas de mampostería por medio de concreto.

4.3.1 *Dimensiones mínimas de las soleras*

El ancho mínimo de las soleras de los muros estructurales deberá ser el espesor del muro y el área de su sección no deberá ser menor que 200 cm^2 .

4.3.2 *Sillares*

Los sillares deberán ser de concreto reforzado con por lo menos 2 varillas No. 2 y eslabones No. 2 a 20 cm, o su equivalente, debiendo anclarse adecuadamente al refuerzo vertical del borde del vano de la ventana.

4.3.3 *Dinteles*

Los dinteles deberán ser de concreto reforzado y se calcularán según las condiciones de cada caso.

4.3.4 *Área mínima de acero*

Los muros confinados de mampostería deberán reforzarse horizontalmente con un área de acero no menor que 0.0015 veces el área de su sección transversal.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.3.5 Tipos de soleras

Para edificaciones de un nivel se indican en esta norma, tres tipos de soleras: solera hidrófuga, solera intermedia y solera superior o de techo. Cuando se trate de edificaciones de dos niveles se deberá agregar una solera de entrepiso. Si la altura libre del muro es mayor que 2.80 m, se deberá colocar más de una solera intermedia.

4.3.6 Acero de refuerzo mínimo en las soleras

A fin de cumplir con lo establecido en el inciso 4.3.4 se presenta en el cuadro 4.1 el refuerzo mínimo para cada tipo de solera.

Tipo de solera	Refuerzo mínimo
Hidrófuga	4 No. 3; Estribos No. 2 a 20 cm
Intermedia	2 No. 3; Estribos No. 2 a 20 cm
Entrepiso	4 No. 3; Estribos No. 2 a 20 cm
Superior ^(a)	4 No. 3; Estribos No. 2 a 20 cm

^(a) Para edificaciones de un nivel cuya área de construcción no exceda de 70 m², la solera superior podrá reforzarse con 3 varillas No. 3 y estribos No. 2 a 20 cm.

Cuadro 4.1 – Acero de refuerzo mínimo para soleras

4.3.7 Resistencia del concreto para soleras, sillares y dinteles

El concreto que se utilice en las soleras, sillares y dinteles de muros estructurales deberá tener una resistencia mínima a los 28 días de 176 kg/cm².

4.3.8 *Recubrimiento*

El recubrimiento del acero de refuerzo no deberá ser menor de 1.5 cm.

4.4 *Requisitos para el refuerzo vertical*

Todo muro de carga o de corte deberá llevar refuerzos verticales de acero ligados a todas las piezas de mampostería por medio de concreto. El refuerzo vertical debe principiar en la cimentación y terminar en la solera superior debidamente anclada a ella de acuerdo con la norma NR – 7. Los vanos de puertas y ventanas deben rematarse con un mínimo de dos varillas de refuerzo vertical.

4.4.1 *Dimensiones mínimas del refuerzo vertical*

Las dimensiones mínimas aceptables de elementos de concreto para el refuerzo vertical son:

- (a) En el sentido normal al muro: no menos que el espesor del muro;
- (b) En el otro sentido:
 - (b.1) Refuerzos con armado de 4 varillas o más: no menos que el espesor del muro;
 - (b.2) Refuerzos con armado de 2 varillas: 10 cm;

4.4.2 *Área mínima de acero*

Los muros confinados de mampostería deberán reforzarse verticalmente con un área de acero no menor que 0.0007 veces el área de su sección transversal.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.4.3 Tipos de refuerzo vertical

Con la finalidad de cumplir con lo descrito en el inciso 4.4.2, en esta norma se establecen tres tipos de refuerzo vertical: Tipo A para edificaciones de dos niveles, Tipo A para edificaciones de un nivel, y refuerzo vertical Tipo B. El refuerzo Tipo B esta indicado únicamente en los vanos de puertas y ventanas. El refuerzo mínimo para cada uno de ellos se muestra en los cuadros 4.2 y 4.3. La separación de los estribos, tanto para los refuerzos Tipo A y Tipo B, no excederá de 1.5 veces la menor dimensión del refuerzo vertical ni de 20 cm.

No. del nivel	Refuerzo vertical mínimo	
	Tipo A	Tipo B
2º. Nivel	4 No. 3	2 No. 3
1º. Nivel	4 No. 4	2 No. 3

Cuadro 4.2 – Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de dos niveles

No. del nivel	Refuerzo vertical mínimo	
	Tipo A	Tipo B
1º. Nivel	4 No. 3	2 No. 3

Cuadro 4.3 – Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de un nivel

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.4.4 Separación entre refuerzos verticales

La separación máxima permitida entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo se especifica en el cuadro 4.4. Se deberá colocar refuerzo vertical Tipo A en los extremos de los muros.

Material del muro	Ancho (cm)	Distancia entre refuerzos Tipo A (m)	Distancia entre refuerzo Tipo A y refuerzo Tipo B (m)
Ladrillo tubular y bloques de arcilla cocida	23	5.00	2.50
	20	5.00	2.50
	14	4.00	2.00
	11	3.00	1.50
Ladrillo tayuyo o perforado	23	5.00	2.50
	14	5.00	2.00
	11	4.00	2.00
Bloques de concreto	15	4.00	2.00

Cuadro 4.4 – Separación máxima entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo

4.4.5 Resistencia del concreto para refuerzos verticales

El concreto que se utilice en los refuerzos verticales de muros estructurales deberá tener una resistencia mínima a los 28 días de 176 kg/cm^2 .

4.4.6 Recubrimiento

El recubrimiento del acero de refuerzo no deberá ser menor que 1.5 cm.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.5 Metodología de diseño

El método aceptado en esta norma para el diseño de muros confinados es el método de esfuerzos de trabajo, o también llamado esfuerzos de servicio, aún cuando se incluya las fuerzas de origen sísmico. Para esfuerzos causados por dichas fuerzas, los esfuerzos admisibles de trabajo que se especifican en esta sección pueden multiplicarse por un factor de 1.33, correspondiente a un 33% de sobreesfuerzo por ser el sismo una carga temporal.

4.5.1 Esfuerzos admisibles

4.5.1.1 Esfuerzo de compresión axial en muros de carga

El esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kg/cm^2 , no deberá exceder al valor calculado con la ecuación 3.1 de esta norma.

4.5.1.2 Esfuerzo de compresión por flexión

El esfuerzo de compresión producido por la flexión, en kg/cm^2 , no deberá exceder al valor dado por la ecuación 3.3 de esta norma.

4.5.1.3 Esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte en muros producido por fuerzas laterales, en kg/cm^2 , no deberá de exceder al valor calculado de acuerdo con la ecuación 3.4 de esta norma.

4.5.1.4 Esfuerzo de contacto

El esfuerzo de contacto, en kg/cm^2 , no deberá ser mayor que los valores dados en las ecuaciones 3.5 y 3.6 de esta norma.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

4.5.1.5 Esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión en las varillas de acero de refuerzo, en kg/cm^2 , no deberá exceder al valor indicado en la ecuación 3.7 de esta norma.

4.6 Muros aislados sin sobrecarga

Los tabiques y muros perimetrales deberán diseñarse conforme a los siguientes requisitos:

- (a) Los muros aislados sin apoyo transversal deberán incluir elementos de refuerzo vertical y horizontal, capaces de resistir las fuerzas de corte y momento producidas por sismos en dirección perpendicular al plano del muro; con cimentación calculada para el momento flexionante que pueda causar el sismo y considerando adecuadamente la profundidad de cimentación para proporcionar un empotramiento conveniente en el terreno;
- (b) Para muros hasta 2 metros de altura, el coeficiente sísmico no será menor que 0.17 y para alturas mayores no menor que 0.35;
- (c) El espesor mínimo de los muros será de 10 cm;
- (d) La separación máxima de refuerzos verticales será de 2 m;
- (e) La separación máxima de refuerzos horizontales será de 2 m;
- (f) En casos de terrenos a diferente nivel, los muros deberán calcularse como muros de contención.

CAPITULO 5

**REQUISITOS DE SISMORESISTENCIA
PARA EDIFICACIONES TIPO CAJON**

5.1 Requisitos básicos

Todas las edificaciones de tipo cajón construidas con mampostería reforzada deberán cumplir con lo establecido en el capítulo 9 de la norma NR-3 y con los requerimientos indicados en este capítulo.

5.2 Requisitos de análisis por carga lateral

El análisis para la determinación de los efectos de las cargas laterales debidas a sismo se hará con base en las rigideces relativas de los distintos muros. Estas se determinarán tomando en cuenta las deformaciones por corte y por flexión. Será admisible considerar que la fuerza cortante, o también llamado cortante directo, que toma cada muro es proporcional a su área transversal.

5.2.1 *Excentricidad accidental*

Aún cuando, en planta, los niveles de una edificación tipo cajón sean perfectamente simétricos tanto en masa como en rigidez, se deberá considerar una excentricidad accidental para la aplicación de las fuerzas de inercia, tal como lo establece el inciso 2.3.1 de la norma NR – 3.

5.2.2 *Amplificación dinámica*

La excentricidad nominal propia de cada planta asimétrica se deberá multiplicar por un factor de “ δ ” para tomar en cuenta los efectos dinámicos; a éste resultado se sumará la excentricidad accidental, como lo indica el inciso 2.3.2 de la norma NR – 3.

5.2.3 *Fuerza Cortante debida al momento torsionante*

El cortante por torsión de cada muro, producido por el momento torsionante, se sumará o restará, según sea el caso, al cortante directo de cada muro, calculado de acuerdo con el inciso 5.2 de esta norma.

5.3 Requisitos generales de sismoresistencia

El buen comportamiento sísmico de una edificación tipo cajón depende en gran parte de que, en su planeamiento, se sigan algunos principios generales, que se enumeran en los siguientes incisos.

5.3.1 *Sistema de sismoresistencia*

Las edificaciones de tipo cajón deberán contar con un conjunto de muros de corte que además de soportar las cargas verticales sirvan para transportar las fuerzas de origen sísmico paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación, dispuestos de tal manera que provean resistencia sísmica suficiente en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales; partiendo del postulado de que los muros de corte solo trabajan ante fuerzas horizontales en la dirección paralela a su propio plano, por lo que la cantidad de muros en una dirección debe ser similar a la cantidad en la otra dirección. La cantidad mínima de muros de corte se especifica en el inciso 5.3.3. Asimismo, deberá tener un sistema (diafragma) que asegure que los muros de corte, en cada uno de los niveles de la edificación, transmita a ellos las fuerzas de origen sísmico que deben resistir y los obligue a trabajar como un conjunto.

5.3.2 *Simetría*

Con el fin de evitar torsiones de la edificación ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación en planta deberá ser, preferentemente, simétrica en dos direcciones ortogonales. Deberá evitarse los ambientes o módulos largos y angostos con longitud mayor a tres veces su ancho. También es conveniente que la localización de los vanos de puertas y ventanas sea lo más simétrica posible.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

5.3.3 Longitud mínima de muros

Para garantizar que la edificación tenga reserva de energía en el rango post-elástico, deberá proveerse una longitud mínima de muros de corte con refuerzos horizontales y verticales en cada una de las direcciones principales. La longitud de muros en metros, en cada una de las dos direcciones principales no podrá ser menor que el producto del coeficiente " L_0 " dado en el cuadro 9.1 por el área, en metros cuadrados, del entrepiso más la losa de techo cuando se trata de muros de primer piso o por el área de la losa de techo cuando se trata de muros de segundo piso, o de edificaciones tipo cajón de un piso. Si la edificación no cumpliera con lo indicado en este inciso, deberá aumentarse la longitud de sus muros o añadirse muros en la dirección bajo consideración.

Para efecto de contabilizar la longitud de muros de corte en cada dirección principal no se deberán tener en cuenta los vanos de las puertas y ventanas, ni aquellos tramos de muro cuya longitud sea inferior a un metro.

Espesor del muro (cm)	Zona sísmica		
	4.1 y 4.2	3	2
19	0.11	0.07	0.04
14	0.12	0.08	0.05
11	0.18	0.12	0.08

Cuadro 9.1 – Coeficiente L_0

5.3.4 Distribución de muros

Para proveer un reparto uniforme de la responsabilidad de resistir las cargas sísmicas en el rango post-elástico, los muros de corte que existan en cada una de las direcciones principales deberán tener longitudes similares y las longitudes de aquellos muros de corte que estén ubicados en un mismo plano vertical no deberán sumar más de la mitad de la longitud total de los muros de corte en esa dirección.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-9: 2000**

5.3.5 Rigidez torsional

Para poder garantizar que el comportamiento individual y de conjunto sea adecuado, los muros de corte deberán ubicarse buscando la mejor simetría y la mayor rigidez torsional de la edificación. Esto se logra disponiendo muros de corte simétrico lo más cerca posible de la periferia.

5.4 Requisitos específicos de sismoresistencia

Los muros de corte que forman las estructuras de tipo cajón deberán satisfacer los requisitos del capítulo 3, si se trata de muros reforzados interiormente, o los requisitos del capítulo 4 para el caso de muros confinados. Adicionalmente, deberán satisfacer los requisitos que a continuación se especifican.

5.4.1 Requisitos adicionales para el refuerzo horizontal

A fin de asegurar que la edificación trabaje en forma conjunta, las soleras deberán formar un anillo cerrado, entrelazando los muros existentes en las dos direcciones principales para conformar un diafragma. La ubicación de las soleras se indican en el capítulo 3 de esta norma.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de las varillas de refuerzo de las soleras en los cruces y esquinas de muros, donde el refuerzo de la cara interior deberá llevarse hasta la cara exterior del miembro que lo intersecta y deberá anclarse con gancho cuando el elemento no continúa.

5.4.2 Requisitos adicionales para el refuerzo vertical

Con el propósito de asegurar un buen comportamiento de los muros de corte se deberán colocar elementos con refuerzo vertical en:

- (a) Donde se requiera para confinar muros de corte que formen parte del sistema de sismoresistencia y que se contabilizan dentro de las longitudes de muro exigidas en el inciso 5.3.3;

- (b) En el punto de intersección de dos muros de corte;
- (c) En puntos intermedios de los muros de corte a una separación tal que no se excedan los límites establecidos en el capítulo 4 de esta norma.

5.4.3 *Requisitos para el diafragma*

Dado que los muros de corte se comportan, para efecto de las cargas horizontales, como un conjunto de elementos verticales en voladizo, con una deformación horizontal igual en cada piso debido al efecto de diafragma de la losa de entrepiso, ésta deberá tener la resistencia necesaria para actuar como un diafragma y deberá verificarse que pueda transportar las fuerzas que el sismo le induce; asimismo, deberá estar adecuadamente sujeta a los elementos verticales que resisten dichas fuerzas. Los diafragmas de una edificación tipo cajón deberán cumplir con lo especificado en la sección 7.8 de la norma NR-7.