

NORMAS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REPÚBLICA DE GUATEMALA

AGIES NSE 7.4
MAMPOSTERÍA REFORZADA (NR9: 2000)



TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1

ALCANCE, CONTENIDO Y SUPERVISIÓN TÉCNICA

- 1**
- 1.1 Alcance
 - 1.2 Contenido de la norma
 - 1.3 Supervisión técnica

CAPÍTULO 2

MATERIALES EMPLEADOS Y SUS PROPIEDADES

- 2**
- 2.1 Unidades prefabricadas para levantado
 - 2.2 Morteros
 - 2.3 Graut
 - 2.4 Acero de refuerzo
 - 2.5 Propiedades de los materiales

CAPÍTULO 3

MUROS REFORZADOS INTERIORMENTE

- 3**
- 3.1 Definición
 - 3.2 Requisitos generales
 - 3.3 Requisitos para el acero de refuerzo
 - 3.4 Metodología de diseño
 - 3.5 Muros de corte

CAPÍTULO 4

MUROS CONFINADOS

- 4**
- 4.1 Definición
 - 4.2 Requisitos generales
 - 4.3 Requisitos para el refuerzo horizontal
 - 4.4 Requisitos para el refuerzo vertical
 - 4.5 Metodología de diseño
 - 4.6 Muros aislados sin sobrecarga

CAPÍTULO 5

REQUISITOS DE SISMORRESISTENCIA PARA EDIFICACIONES CON ESTRUCTURA DE CAJÓN

- 5**
- 5.1 Requisitos básicos
 - 5.2 Requisitos de análisis por carga lateral
 - 5.3 Requisitos generales de sismorresistencia
 - 5.4 Requisitos específicos de sismorresistencia

PRÓLOGO

NORMA NSE-7.4 MAMPOSTERIA REFORZADA

La norma NR-9 toma la designación NSE 7.4.

Esta norma no se actualizó, pero se hizo una revisión para corregir lo necesario para hacerlo compatible con las normas actuales.

Esta norma sigue vigente.

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 barras 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 sisas 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 sajon 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 sajon 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 hechas. El supervisor, o su delegado deberán estar presentes durante las labores de colocación de las unidades de mampostería, de las armaduras, y en las operaciones de inyección del graut.

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, 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 con pines; 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 6.5 mm. 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 200 a 250 mm.

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 13 mm o cuando las dimensiones mínimas de las celdas en la pieza para levantado sean de 38 mm de ancho y 75 mm 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 200 a 250 mm.

2.4 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo que se emplee en el refuerzo vertical (mochetas), soleras o barras colocadas en el interior del muro deberá consistir en barras corrugadas que cumplan con la norma ASTM A703 o ASTM A615, o su equivalente COGUANOR NGO 36 011. Se admitirá el uso de barras lisas únicamente en algunos estribos y dispositivos de amarre. No se permite el uso de barras de alta resistencia.

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 la tabla 2-1 se indica la dosificación por volumen para cada tipo de mortero, así como su resistencia característica a la compresión.

Tabla 2-1 - Resistencia a compresión del mortero

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	175
II	1.00	de 0.25 a 0.50	veces la suma de los volúmenes de	125
III	1.00	de 0.50 a 1.25	cemento y cal usados.	50

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/cm², se podrá estimar como una función de su resistencia a compresión, "f_g", de acuerdo con

$$E_g = 15,100 \sqrt{f_g} \quad (2-1)$$

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 las tablas 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.

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 300 mm, 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 100 mm. 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 las tablas 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

$$E_m = 750 f_m \quad (2-2)$$

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

$$E_v = 0.4 E_m \quad (2-3)$$

Tabla 2-2 - Resistencia a compresión de la mampostería de bloques de concreto

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.

Tabla 2-3 - Resistencia a compresión de la mampostería de ladrillos de barro cocido

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.

Tabla 2-4 - Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido

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

Tabla 2-5 - Factores de corrección para muestras de bloques de concreto

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

3 MUROS REFORZADOS INTERIORMENTE

3.1 Definición

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

3.2 Requisitos generales

3.2.1 *Tamaño de las sisas*

Las sisas 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 sisas 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 50 mm ni un área menor que 3,000 mm².

3.2.3 *Espesor mínimo para muros*

Los muros deberán tener un espesor nominal mínimo de 140 mm. 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 100 mm 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 290 mm.

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 barras

La distancia libre mínima entre barras paralelas de refuerzo deberá ser el diámetro del refuerzo pero no menos de 25 mm, 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 barra y se deberá llenar a todo lo largo con graut. La distancia libre mínima entre una barra de refuerzo horizontal y el exterior del muro será de 15 mm o una vez el diámetro de la barra, la que resulte mayor.

3.3.3 Traslapes

La longitud de traslapes se especifica en la norma de concreto reforzado, NSE 7.1, y su localización se deberá indicar en los planos estructurales.

3.3.4 Refuerzo en las sisas

El refuerzo que se coloque en las sisas 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.

3.3.5 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.

3.3.6 Número de barras por celda

En muros de 140 mm de espesor o menos, solo podrá colocarse una barra en una misma celda, para barras No. 4 o mayores, y el diámetro máximo de la barra será el No. 8 (25 mm). En ningún caso se podrán colocar más de dos barras por celda.

3.3.7 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.

3.3.8 Requisitos para el refuerzo vertical

El diámetro mínimo para refuerzo vertical será No. 3. Las barras 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 NSE 7.1.

3.3.8.1 Tipos de refuerzo vertical

A fin de cumplir con lo establecido en el inciso 3.3.7, en la tabla 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 200 mm; el tipo B llevará eslabones No. 2 con gancho a 180° a cada 200 mm.

Tabla 3-1 - Refuerzo mínimo vertical

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

3.3.8.2 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 la tabla 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 dicha tabla. En el caso de los extremos de un muro aislado, las cuatro barras 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.

Tabla 3-2 - Separación máxima del refuerzo vertical

Material del muro	Ancho (mm)	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	230	5.00	2.50	1.00 ^(a)	1.00 ^(a)	1.00 ^(a)
Bloques de arcilla cocida	140	4.00	2.00	0.80	0.80	0.80
	110	3.00	1.75	0.75	0.75	0.75
Bloques de concreto	150	4.00	2.00	0.80	0.80	0.80

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

3.3.8.3 Refuerzo en la intersección de muros

Para la distribución de las barras en refuerzos tipo A, en el caso de intersección de muros y esquinas, se deberá colocar una barra por cada pared que llegue a la misma. Si se trata de una intersección en esquina, forma de L, deberá contener dos barras 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 barras 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 barras. Las barras no podrán tener un diámetro menor que No. 4.

3.3.10 Refuerzo longitudinal para columnas aisladas

Las barras longitudinales en las columnas deberán estar rodeadas por estribos. Estos estribos deberán ser por lo menos barras No. 2. Los estribos no deberán espaciarse a más de 16 diámetros de barra longitudinal, 48 diámetros de barra de estribo, la dimensión mínima de la columna, la altura de las piezas de mampostería, ni 200 mm.

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/cm^2 , no deberá exceder al valor calculado con

$$F_a = 0.20 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] \quad (3-1)$$

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

3.4.1.2 Esfuerzo de compresión axial en columnas aisladas

La carga axial en columnas en kg/cm^2 , no deberá exceder al valor especificado por

$$P = A_g (0.18 f'_m + 0.65 p_g f_s) \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] \quad (3-2)$$

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
 p_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/cm^2 , no deberá exceder al valor obtenido con

$$F_b = 0.33 f'_m \quad (3-3)$$

3.4.1.4 *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

$$f_v = 0.3 \sqrt{f'_m} \quad (3-4)$$

3.4.1.5 *Esfuerzo de contacto*

El esfuerzo de contacto, en kg/cm^2 , no deberá ser mayor que los valores dados en

$$f_d = 0.25 f'_m \quad (\text{sobre el } 100\% \text{ del área total}) \quad (3-5)$$

$$f_d = 0.30 f'_m \quad (\text{sobre } 1/3 \text{ del área}) \quad (3-6)$$

3.4.1.6 *Esfuerzo de tensión*

El esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo, en kg/cm^2 , no deberá exceder al valor indicado en

$$f_s = 0.4 f_y \quad (3-7)$$

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 loza de techo. Este refuerzo deberá ser continuo.

3.5.3 Refuerzo vertical

Se deberá colocar por lo menos dos barras No. 3 en todos los bordes de todas las aberturas que tengan más de 600 mm en cualquier dirección. Este refuerzo se deberá continuar una longitud de desarrollo, pero no menos de 600 mm, más allá del borde de la abertura. La cantidad de barras 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 (cizalladura) 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 barras 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 800 mm. 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.

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 sisas*

Las sisas horizontales y verticales deberán tener un espesor mínimo de 7 mm y máximo de 13 mm. Todas las sisas 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 140 mm. 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 100 mm 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.

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 $20,000 \text{ mm}^2$.

4.3.2 Sillares

Los sillares deberán ser de concreto reforzado con por lo menos 2 barras No. 2 y eslabones No. 2 a 200 mm, 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.

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 la tabla 4-1 el refuerzo mínimo para cada tipo de solera.

Tabla 4-1 - Acero de refuerzo mínimo para soleras

Tipo de solera	Refuerzo mínimo
Hidrófuga	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Intermedia	2 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Entrepiso	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm
Superior ^(a)	4 No. 3; Estribos No. 2 a 200 mm

^(a) Para edificaciones de un nivel cuya área de construcción no exceda de 70 m², la solera superior podrá reforzarse con 3 barras No. 3 y estribos No. 2 a 200 mm.

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 15 mm.

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 NSE 7.1. Los vanos de puertas y ventanas deben rematarse con un mínimo de dos barras 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 barras o más: no menos que el espesor del muro;
 - (b.2) Refuerzos con armado de 2 barras: 100 mm.

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.

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 está indicado únicamente en los vanos de puertas y ventanas. El refuerzo mínimo para cada uno de ellos se muestra en las tablas 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 200 mm.

Tablas 4-2 - Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de dos niveles

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

Tabla 4-3 - Refuerzo vertical mínimo para edificaciones de un nivel

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

4.4.4 Separación entre refuerzos verticales

La separación máxima permitida entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo se especifica en la tabla 4-4. Se deberá colocar refuerzo vertical tipo A en los extremos de los muros.

Tabla 4-4 - Separación máxima entre refuerzos verticales con refuerzo mínimo

Material del muro	Ancho (mm)	Distancia entre refuerzos tipo A (m)	Distancia entre refuerzo tipo A y refuerzo tipo B (m)
Ladrillo tubular y bloques de arcilla cocida	230	5.00	2.50
	200	5.00	2.50
	140	4.00	2.00
	110	3.00	1.50
Ladrillo tayuyo o perforado	230	5.00	2.50
	140	5.00	2.00
	110	4.00	2.00
Bloques de concreto	150	4.00	2.00

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 15 mm.

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.

4.5.1.5 Esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión en las barras 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 de 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 100 mm;
- (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.

5 REQUISITOS DE SISMORRESISTENCIA PARA EDIFICACIONES TIPO CAJÓN

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 "8" 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 de torsión*

El cortante por torsión de cada muro, producido por el momento de torsión, 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 sismorresistencia

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 sismorresistencia

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, transmitan 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.

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_o " dado en la tabla 5-1 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.

Tabla 5-1 - Coeficiente L_0

Espesor del muro (mm)	Zona sísmica		
	4.1 y 4.2	3	2
190	0.11	0.07	0.04
140	0.12	0.08	0.05
110	0.18	0.12	0.08

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.

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 sismorresistencia**

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 indica en el capítulo 3 de esta norma.

Se deberá tener especial cuidado en la colocación de las barras 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 sismorresistencia 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**.



CON EL APOYO DE:

