UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

MAMPOSTERIA REFORZADA INTERIORMENTE: USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO

POR

FERNANDO MEDINA ESPINOSA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA ESTRUCTURAL

DICIEMBRE, 2001

F. M. E.

MAMPOSTERIA REFORZADA INTERIORMENTE:

USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO

TM
TA425
.M4
c.1

1080095009

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

[illegible]

POR

[illegible]

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA ESTRUCTURAL

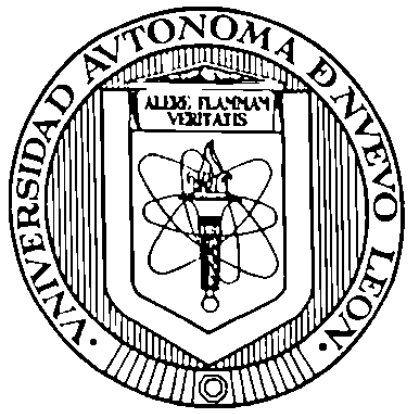
[illegible]

FIM
TA425
.M4

B U Raúl Rangel Frías
UANL
FONDO
TESIS MAESTRIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE:

USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO

Por

FERNANDO MEDINA ESPINOSA

Como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRÍA EN CIENCIAS con Especialidad en Ingeniería Estructural

Diciembre, 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE:

USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO

Aprobación de la Tesis:

Asesor de la Tesis
M. en C. Ing. Carlos A. Charles Cruz

Evaluador de Tesis
M.I. Ernesto L. Treviño Treviño

Evaluador de Tesis
Dr. Guillermo Villarreal Garza

Subdirector de Estudios de Postgrado
Dr. Ricardo González Alcorta

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Fernando Medina Espinosa
PRESENTE

Por medio de la presente se le informa que el *Comité de Maestría* ha evaluado su tesis "***MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE: USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO***", que presentó Usted como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural. El resultado definitivo de la evaluación de su tesis es de *APROBADA*. Todo lo anterior es atendiendo a los artículos *112* y *114* del Reglamento General de los Estudios de Posgrado de la UANL.

Sin otro particular por el momento, quedo a sus ordenes para cualquier aclaración que considere pertinente.

A T E N T A M E N T E
"ALERE FLAMMAM VERITATIS"
Cd. Universitaria, a 30 de octubre del 2001

M. E. C. Francisco Gámez Treviño
Presidente del Comité de Maestría

C.c p : Archivo

Av Pedro de Alba,
Cd. Universitaria,
Apartado Postal 58 F
San Nicolas de los Garza,
Nuevo Leon, Mexico
☎ (01) 8329 4060 • 8352 4850 Fax Ext 106

educación
PARA LA VIDA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: FERNANDO MEDINA ESPINOSA

Tema de la tesis: MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE; USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA **del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.**

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA)

Nombre y firma de quien corrigió:

Arq. Ramón Longoria Ramírez

SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 3 **de** OCTUBRE **de** 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ING. LÁZARO VARGAS GUERRA
Director del Departamento de Escolar y de
Archivo de la UANL
PRESENTE.-

Por este conducto me permito comunicarle que el Ing. Fernando Medina Espinosa, pasante de la *Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural*, ha solicitado su examen de grado, para lo cual ha cubierto con la totalidad de los requisitos académicos y administrativos que exige el Reglamento de Exámenes Profesionales y el Reglamento General de Estudios de Posgrado de nuestra Institución. De la manera más atenta, le solicito su colaboración para que se de el trámite correspondiente en el Departamento a su digno cargo.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo y reiterarme a sus respetables órdenes.

A T E N T A M E N T E
"ALERE FLAMMAM VERITATIS"
Cd. Universitaria, a 30 de octubre del 2001

DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

C.c.p. Archivo

Cd Universitaria,
San Nicolas de los Garza,
Nuevo León, México.

Fernando Medina Espinosa (Ingeniero Civil)
Violetas # 421, Col. Ampliacion Industrias del Vidrio
San Nicolas de los Garza, N.L., C.P. 66470

Noviembre, 2001

Dr. Ricardo González Alcorta
Secretario de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Autónoma de Nuevo León

Estimado Dr. González :

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que he cubierto íntegramente todos los trámites administrativos para el derecho a exámen de grado en el Departamento Escolar y de Archivo de la U.A.N.L.

Como último requisito para sustentar mi examen de grado, y de acuerdo al protocolo oficial para exámen de grado de maestría, me permito solicitarle la autorización y tramitación correspondiente para la realización del exámen de grado, ya que he concluido con la elaboración de mi tesis titulada "Mampostería Reforzada Interiormente: Usos, Comportamiento y Diseño"; la que elaboré como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural, habiendo sido aprobada en el aspecto técnico por mi asesor M.C. Ing. Carlos Alberto Charles Cruz y en el aspecto ortográfico, metodológico y estilístico por el Arq. Ramón Longoria Ramirez.

Adjunto a la presente le entrego la siguiente documentación que antecede y avala a esta solicitud de autorización para la tramitación del exámen de grado:

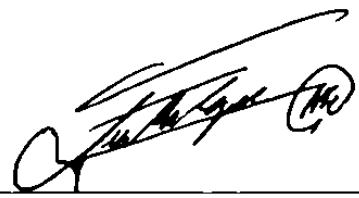
1. Carta de no adeudos en la División de Estudios de Postgrado

2. Siete copias de la tesis de grado aprobada, debidamente encuadernada de acuerdo a los lineamientos del manual de estilos para "Presentación de Tesis de Postgrado" de la U.A.N.L.

3. Actas de exámen de grado expedidas por el Departamento Escolar y de Archivo de la U.A.N.L.

Agradeciendo de antemano las atenciones que se sirva dar a la presente, quedo de Usted.

Atentamente



Ing. Fernando Medina Espinosa

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a su Facultad de Ingeniería Civil, que me permitieron cursar primeramente la licenciatura en ingeniería civil, para posteriormente acrecentar mis conocimientos a través de la maestría en ciencias con especialidad en estructuras, lo cual ha contribuido de manera importante en mi formación personal y profesional.

A todos los maestros que me brindaron su apoyo y conocimientos; especialmente a aquellos que con sus palabras lograron contribuir decididamente en la culminación de mis metas y objetivos.

A todos mis amigos y compañeros de profesión, quienes a través de las etapas de mi vida personal y profesional compartieron conmigo circunstancias importantes y de forma directa o indirecta contribuyeron en mi desarrollo, especialmente al M.C. Ing. Carlos Charles Cruz, quien aceptó incondicionalmente emprender junto conmigo la tarea de obtener el grado, con lo cual culminamos satisfactoriamente una importante meta profesional.

DEDICATORIA

A mi familia, con cuyo apoyo incondicional y constante dedicación, se logra mi crecimiento permanente como persona.

A mi novia, que ha compartido conmigo esta etapa importante de mi vida.

A mis dos mejores amigos, porque siempre creyeron en mí.

RESUMEN

Fernando Medina Espinosa **Fecha de Graduación: diciembre, 2001**

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

Título de Estudio: MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE USOS, COMPORTAMIENTO Y DISEÑO

Número de páginas: 426 **Candidato para el Grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Estructural.**

Área de Estudio: Estructuras de Mampostería

Propósito y Método del Estudio .- Las estructuras de mampostería fueron uno de los primeros sistemas de edificación empleados en las construcciones antiguas, la forma en que se aplicaban dependía principalmente de la experiencia y habilidad del constructor, ya que sólo existían algunas reglas empíricas. Con el paso del tiempo se empezó a demandar el empleo de muros más esbeltos, con el fin de reducir costos, lo cuál trajo consigo el desarrollo de métodos más racionales de análisis y diseño, así como el surgimiento de manuales que reglamentaran el uso de la mampostería en las edificaciones. El propósito del presente trabajo es el de explicar el comportamiento de las estructuras de mampostería; en edificios de uno y varios niveles, en sistemas de diafragma rígido y flexible, al estar sometidas a acciones dentro y fuera de su plano. El método de estudió implica una serie de ejemplos que muestran el análisis y el diseño de elementos de mampostería reforzada, de forma aislada, para después comprender el comportamiento, en conjunto, de todo un sistema con estructura principal de mampostería reforzada interiormente.

Contribuciones y Conclusiones .- Al observar los criterios empleados en el análisis y diseño de las estructuras de mampostería se puede comprobar que en algunos casos no son consistentes con los resultados obtenidos, tendiendo a subestimar o sobrestimar los mismos, de tal forma que la contribución de este trabajo es proporcionar la suficiente información que ayude a entender de una mejor manera el comportamiento de la estructuras de mampostería, a través del enfoque de diseño que adoptan la mayoría de los reglamentos que rigen el diseño de las estructuras de mampostería reforzada.

FIRMA DEL ASESOR _____

PRÓLOGO

En este trabajo se persigue fundamentalmente la tarea de explicar el comportamiento de las estructuras de mampostería, mostrar los criterios de diseño que se han establecido para el uso de la mampostería reforzada como sistema estructural e ilustrar con algunos ejemplos, que pudieran ser de utilidad al lector, la solución de problemas prácticos.

Esta tesis contiene nueve capítulos, cuyo contenido se describe a continuación :

Capítulo 1.- *Mampostería antigua.*- Se presenta una reseña histórica de las construcciones antiguas de mampostería. También contiene información referente al diseño y construcción de los primeros elementos de mampostería, como: muros, columnas, vigas y dinteles.

Capítulo 2.- *Mampostería contemporánea.*- Se describen los elementos actuales de la mampostería y cómo éstos se aplican en los sistemas de construcción con mampostería. También se describen los métodos de análisis y diseño, así como diferentes estándares y reglamentos que se han desarrollado para los diferentes usos de la mampostería.

Capítulo 3.- *Vigas y dinteles de mampostería reforzada.*- En este capítulo se describen los conceptos fundamentales referentes al comportamiento y diseño de elementos de mampostería reforzada, sometidos a flexión y cortante. Se define la forma de distribuir las cargas a las vigas y dinteles. Así mismo, se presenta un ejemplo de diseño donde se aplican los conceptos antes descritos. Este capítulo es la base de los capítulos siguientes.

Capítulo 4 - *Flexión en muros de mampostería.*- Se presentan los mecanismos de resistencia a la flexión de los muros de mampostería, así como el comportamiento que puede presentarse. Aparecen los principios de análisis y el enfoque de diseño que adoptan los reglamentos para el diseño de muros de mampostería reforzada, sometidos a flexión. Se incluye un ejemplo de diseño donde se aplican los conceptos antes descritos.

Capítulo 5.- *Carga axial y flexión fuera del plano en muros de mampostería.* En este capítulo se muestran las previsiones de diseño e interpretación histórica del comportamiento de muros de mampostería. Se describe la interacción entre la carga axial y de flexión, aparece el concepto de esbeltez. Se presentan los métodos de análisis y diseño que han adoptado los códigos para el diseño de muros de mampostería reforzada, sometidos a carga axial y de flexión fuera del plano. Se presenta un ejemplo de diseño donde se aplican los conceptos antes descritos.

Capítulo 6.- *Columnas y pilastras de mampostería.*- Una vez definidos los conceptos de columna y pilastra, se presenta una descripción del comportamiento y modo de falla de las columnas y pilastras de mampostería. Así mismo, aparecen los criterios de análisis y diseño que adoptan los reglamentos para el diseño y construcción de columnas y pilastras de mampostería. Se detalla el procedimiento para la construcción de diagramas de interacción de columnas de mampostería. De igual modo, se incluye un ejemplo de diseño donde se aplican los conceptos antes descritos.

Capítulo 7.- *Cortante en muros de mampostería.*- En este capítulo se describen los conceptos fundamentales referentes al comportamiento, modo de falla, análisis y diseño de muros de mampostería sometidos a cortante. Se establece la forma como se distribuye la fuerza cortante a los muros de mampostería. Aparecen los criterios de análisis y diseño que adoptan los reglamentos para el diseño y construcción de muros de mampostería sometidos a cortante. También se incluye un ejemplo de diseño donde se aplican los conceptos antes descritos.

Capítulo 8.- *Diseño de un edificio de mampostería de varios niveles.*- En este capítulo se describen los métodos que existen para distibuir las fuerzas laterales a los muros de cortante en edificios de varios niveles. De igual manera, se integrán todos los conceptos de diseño que aparecen de forma independiente en cada uno de los capítulos anteriores para dar solución al problema planteado. El capítulo incluye un ejemplo de diseño de un edificio de diez niveles, con un sistema estructural principal de mampostería reforzada.

Capítulo 9.- *Discusión general y conclusiones sobre los muros de mampostería reforzada.*- En este capítulo se plantean algunos de los conceptos fundamentales referentes a la mampostería, los cuales podrán servir de ayuda al momento de tomar la decisión de emplear a la mampostería reforzada como el sistema estructural principal del edificio.

Espero sinceramente que lo tratado en este trabajo sea de utilidad para el lector y que pueda servir como una fuente de consulta para resolver algún problema específico referente al diseño de estructuras de mampostería reforzada.

Fernando Medina Espinosa

INDICE DE CONTENIDO

PRÓLOGO viii
NOMENCLATURA xxvii
FACTOR DE CONVERSION DE UNIDADES xl

Capítulo **Página**

1. MAMPOSTERÍA ANTIGUA 1

1.1 Introducción 1
1.2 Historia de los materiales de mampostería 2
1.2.1 Mampostería de roca 4
1.2.2 Mampostería de arcilla 5
1.2.3 Mampostería de silicato de calcio 7
1.2.4 Mampostería de concreto 8
1.2.5 Morteros 9
1.3 Las Primeras construcciones con elementos de mampostería 10
1.3.1 Pirámides 11
1.3.2 Muros 15
1.3.3 Columnas y torres 16
1.3.4 Vigas y dinteles 17
1.3.5 Arcos 19
1.3.6 Bóvedas y domos 21
1.4 Desarrollo histórico de las estructuras de mampostería 23

2. MAMPOSTERÍA CONTEMPORANEA 35

2.1 Introducción 35
2.2 Elementos de mampostería 36
2.2.1 Muros 36
2.2.1.1 Muros simples 37

2.2.1.2 Muros sólidos y compuestos 39
2.2.1.3 Muros de cavidad (Doble pared) 43
2.2.1.4 Muros de fachada 44
2.2.1.5 Muros diafragma 45
2.2.2 Columnas y pilastras 46
2.2.3 Vigas y dinteles 49
2.3 Sistemas de construcción con mampostería 50
2.3.1 Sistema cargador simple (Un Nivel) 51
2.3.2 Sistema cargador de varios niveles 51
2.3.3 Sistema híbrido 53
2.4 Tipos de construcción con mampostería 54
2.4.1 Mampostería no reforzada 54
2.4.2 Mampostería reforzada 54
2.4.3 Mampostería con pre-esfuerzo 56
2.5 Diseño estructural 57
2.5.1 Métodos de análisis y diseño 57
2.5.1.1 Estados límite de diseño 59
2.5.2 Mampostería; investigación, estándares y reglamentos 61

3. VIGAS Y DINTELES DE MAMPOSTERÍA REFORZADA 69

3.1 Introducción 69
3.2 Comportamiento y diseño a flexión 71
3.2.1 Conceptos fundamentales 71
3.2.2 Comportamiento bajo carga 73
3.2.2.1 Esfuerzo elástico, sección sin agrietar 73
3.2.2.2 Esfuerzo elástico, sección agrietada 75
3.2.2.3 Esfuerzo inelástico, sección agrietada 81
3.3 Comportamiento y diseño a cortante 87
3.3.1 Desarrollo de los requerimientos de diseño 87
3.3.1.1 Viga sin agrietar 87
3.3.1.2 Viga sin agrietar, sin refuerzo en el Alma 89
3.3.1.3 Viga agrietada, incluyendo refuerzo en el alma 89
3.4 Anclaje del refuerzo 92
3.4.1 Longitud de desarrollo 92
3.5 Requerimientos de servicio 95

3.6 Distribución de cargas sobre vigas y dinteles 96
3.6.1 Comportamiento 96
3.7 Ejemplos de diseño 100
3.7.1 Viga de mampostería de ladrillo 100

4. FLEXION EN MUROS DE MAMPOSTERÍA 107

4.1 Introducción 107
4.2 Mecanismo de resistencia de carga para muros de mampostería 107
4.2.1 Resistencia a tensión por flexión 109
4.2.2 Resistencia a flexión por compresión 112
4.2.3 Capacidad a flexión en secciones reforzadas 114
4.2.4 Resistencia a carga lateral a través del anclaje 114
4.3 Muros de mampostería reforzada sometidos a flexión 115
4.3.1 Antecedentes 115
4.3.2 Comportamiento a flexión vertical en una dirección 116
4.3.3 Comportamiento a flexión horizontal en una dirección 118
4.3.4 Comportamiento a flexión en las dos direcciones 120
4.4 Análisis y diseño de muros de mampostería reforzada sometidos a flexión 120
4.4.1 Diseño a flexión vertical 120
4.4.1.1 Estado 1 121
4.4.1.2 Estado 2 122
4.4.1.3 Estado 3 124
4.4.1.4 Estado 4 124
4.4.2 Diseño a flexión horizontal 125
4.4.3 Diseño a flexión en las dos direcciones 126
4.4.4 Muros con aberturas 127
4.4.5 Muros de cavidad y fachada reforzados 127
4.4.6 Muros parcialmente reforzados 128
4.4.7 Diseño a cortante 129
4.4.8 Anclaje del refuerzo 130
4.5 Efecto de la contracción por secado y flujo plástico del concreto en la mampostería 131
4.6 Ejemplos de diseño 136

4.6.1 Muro de mampostería reforzada soportado verticalmente 136

5. CARGA AXIAL Y FLEXIÓN FUERA DEL PLANO EN MUROS DE MAMPOSTERÍA 144

5.1 Introducción 144
5.2 Requerimientos de diseño para muros de mampostería reforzada 146
5.2.1 Estado actual de los requerimientos de diseño 146
5.2.1.1 Diseño empírico 146
5.2.1.2 Diseño dirigido o de ingeniería 147
5.2.2 Tipos de construcción de muros de mampostería 148
5.3 Interpretación histórica del comportamiento de muros de mampostería 150
5.3.1 Introducción 150
5.3.2 Efectos de flexión 151
5.3.3 Resistencia de la sección 151
5.3.4 Efecto de la altura 152
5.4 Interacción entre carga axial y flexión 155
5.4.1 Introducción 155
5.4.2 Análisis elástico lineal en secciones reforzadas 157
5.4.2.1 Secciones sólidas 157
5.4.2.2 Secciones parcialmente rellenas (Celdas mortereadas) 161
5.4.3 Análisis por última resistencia (Estado de límite último) 163
5.4.3.1 Relaciones esfuerzo-deformación entre mampostería y acero 163
5.4.3.2 Mampostería reforzada 165
5.4.4 Aplicación del método de diseño por resistencia 169
5.5 Efectos de esbeltez 169
5.5.1 Introducción 169
5.5.2 Amplificación de momentos 171
5.5.3 Método de ecuación unitaria del Reglamento UBC 174
5.5.4 Requerimientos del ACI 530/ASCE 5/ TMS 402 para efectos de esbeltez 175
5.5.4.1 Mampostería sin refuerzo 175

5.5.4.2 Mampostería reforzada 176
5.5.5 Requerimientos del Reglamento UBC para muros reforzados esbeltos 176
5.6 Consideraciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, R.D.F. 181
5.6.1 Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería..... 181
5.6.2 Materiales para mampostería 181
5.6.3 Especificaciones generales de análisis y diseño 189
5.6.3.1 Hipótesis para la obtención de resistencia de diseño a flexión 189
5.6.3.2 Análisis por cargas verticales 191
5.6.4 Diseño de mampostería reforzada interiormente 192
5.7 Ejemplos de diseño 201
5.7.1 Muro sometido a carga de compresión axial excéntrica 201

6. COLUMNAS Y PILASTRAS DE MAMPOSTERÍA 218

6.1 Introducción 218
6.2 Comportamiento de columnas de mampostería 222
6.2.1 Introducción 222
6.2.2 Modos de falla y resistencia a la compresión 222
6.2.3 Efectos de esbeltez 223
6.3 Diseño de columnas 225
6.3.1 Consideraciones de diseño 225
6.3.1.1 Excentricidad mínima 226
6.3.1.2 Altura efectiva 227
6.3.1.3 Dimensión mínima 228
6.3.1.4 Máxima relación h/t 228
6.3.1.5 Refuerzo 228
6.3.2 Diseño para carga axial y flexión 229
6.3.2.1 Caso 1: Sección en compresión pura ($e<e_k$) 229
6.3.2.2 Caso 2: Sección agrietada ($e>e_k$) 230
6.3.2.2.1 Categoría I 232
6.3.2.2.2 Categoría II 233
6.3.2.2.3 Categoría III..... 234
6.3.3 Flexión biaxial 235

6.3.4 Consideraciones para diseño sísmico 239
6.4 Diseño de pilastras 240
6.4.1 Introducción 240
6.4.2 Carga entre muros y pilastras 242
6.4.2.1 Borde efectivo 242
6.4.2.2 Transferencia de cargas a la pilastra 243
6.4.2.3 Influencia de la carga reversible (Invertida) 246
6.4.2.4 Esbeltez 247
6.5 Ejemplos de diseño 247
6.5.1 Columnas de mampostería 247

7. CORTANTE EN MUROS DE MAMPOSTERÍA 258

7.1 Introducción 258
7.1.1 Tipos de arreglos de muros de cortante 259
7.2 Comportamiento y modos de falla 261
7.2.1 Introducción 261
7.2.1.1 Comportamiento de los materiales constitutivos 263
7.2.1.2 Filosifia del diseño 264
7.2.2 Muros de cortante de mampostería sin refuerzo 265
7.2.3 Muros de cortante de mampostería reforzada 266
7.3 Distribución del cortante en muros de mampostería 268
7.3.1 Cargas de gravedad 268
7.3.2 Fuerzas laterales 269
7.3.2.1 Análisis por cargas laterales conforme al Reglamento (R.D.F.) 276
7.3.3 Factores que afectan la distribución de las cargas laterales 278
7.4 Efecto de las aberturas en muros de mampostería..... 279
7.4.1 Muros de cortante de mampostería en edificios de varios niveles 279
7.4.2 Combinación de segmentos verticales y horizontales de muros de cortante 283
7.4.3 Rigidez de muros con aberturas en edificios de poca altura 285
7.4.3.1 Método 1 285

7.4.3.2 Método 2 287
7.5 Diseño de muros de mampostería sometidos a cortante 289
7.5.1 Muros de mampostería reforzada sometidos a cortante 289
7.5.1.1 Carga axial 290
7.5.1.2 Combinación de carga axial y de flexión 291
7.5.1.3 Cortante 297
7.5.2 Consideraciones especiales del diseño sísmico 299
7.5.2.1 Ductilidad 300
7.5.2.2 Desplazamiento 301
7.5.2.3 Anclaje 301
7.5.2.4 Refuerzo 302
7.5.2.5 Elementos en las fronteras 303
7.5.3 Conexión de muros 303
7.6 Ejemplos de diseño 305
7.6.1 Muro de mampostería reforzada sometido a cortante 305

8. EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA DE VARIOS NIVELES 314

8.1 Introducción 315
8.1.1 Trasmisión de las cargas verticales 316
8.1.2 Trasmisión de las cargas laterales 317
8.2 Distribución del cortante y momentos debidos a las cargas laterales 318
8.2.1 Rigideces relativas de los muros para el análisis estructural 318
8.2.1.1 Estructura que en toda su altura trabaja como un cantiliver con una carga concentrada en la parte superior (Método 1) 318
8.2.1.2 Acción de cantiliver desde la base hasta el entrepiso superior del nivel considerado (Método 2) 320
8.2.1.3 Toda la altura en acción de cantiliver con carga distribuida (Método 3) 320
8.2.1.4 Deflexión en el nivel del entrepiso considerado, debido a los cortantes y momentos acumulados (Método 4) ... 322

8.3 Diseño de un edificio de mampostería de varios niveles 324
8.3.1 Descripción del problema 324
8.3.2 Evaluación de las cargas mínimas esperadas 327
8.3.3 Determinación de las cargas totales de servicio en muros 329
8.3.4 Determinación de las cargas laterales de viento 333
8.3.5 Diseño fuera del plano de muros de mampostería reforzada 342
8.3.5.1 Ejemplo de cálculos para el muro 27 342
8.3.5.1.1 Características del muro..... 342
8.3.5.1.2 Propiedades geométricas y mecánicas 342
8.3.5.1.3 Esfuerzos permisibles en mampostería 343
8.3.5.1.4 Esfuerzos y cargas actuantes 344
8.3.5.1.5 Cálculo de deflexiones 346
8.3.6 Diseño en el plano de muros de mampostería reforzada 355
8.3.6.1 Ejemplo de cálculos para el muro 27 355
8.3.6.1.1 Características del muro 355
8.3.6.1.2 Distribución de la carga lateral a los muros cortante 355
8.3.6.1.3 Propiedades geométricas y mecánicas 359
8.3.6.1.4 Esfuerzos permisibles en la mampostería 359
8.3.6.1.5 Esfuerzos y cargas actuantes 360

9. DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES SOBRE LA EDIFICACIÓN CON MAMPOSTERÍA REFORZADA INTERIORMENTE 374

9.1 Construcción con mampostería 374
9.2 Conclusiones sobre la mampostería reforzada interiormente 377

REFERENCIAS 389

APENDICES 391

APENDICE A.- Tablas de Referencia: Building Code and Commentary for Masonry Structures, ACI 530-95/ASCE 5-95/TMS 402-95, Capítulos 4 al 9. Masonry Standards Joint Committee 391

APENDICE B.- Tablas de Referencia: Uniform Building Code, UBC-97. Capítulo 21. International Conference of Building Officials 401

APENDICE C.- Tablas de Referencia: Reglamento del Distrito Federal, RDF-87. Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería 408

APENDICE D.- Peso muerto de elementos comunes para la construcción. Estimaciones promedio basadas en detalles y prácticas comunes de la construcción 414

APENDICE E.- Cargas de diseño mínimas y concentradas para edificios y otras construcciones. Uniform Building Code UBC-97, City of Los Angeles Building Code, American Society of Civil Engineers ASCE 7-95/ANSI, Reglamento de las construcciones para el Distrito Federal RDF-97..... 417

APENDICE F.- Tabla de Referencia: Manual de Diseño de Obras Civiles. Comisión Federal de Electricidad. Instituto de Investigaciones Eléctricas, CFE-93. 420

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.1	Las Tres Grandes Pirámides de Giza, en Egipto ...	1
1.2	Templo de roca de Ramses II, en Egipto	3
1.3	Mampostería de ladrillo "Zigurat", en Mesopotamia	3
1.4	Mampostería de hielo "Iglúes", en Alaska	4
1.5	Condominio moderno, en los Estados Unidos ...	4
1.6	Mampostería de roca	5
1.7	Ladrillos romanos	6
1.8	Unidades contemporáneas de mampostería de arcilla	7
1.9	Unidades contemporáneas de mampostería de silicato de calcio	7
1.10	Unidades contemporáneas de mampostería de concreto	8
1.11	El Coliseo, en Roma, Italia	9
1.12	Detalles de elementos estructurales antiguos ...	11
1.13	Primer pirámide "Mastaba", en Egipto	12
1.14	Pirámide "Zigurat", en Mesopotamia.....	12
1.15	Pirámides en el mundo	14
1.16	Primeros muros de mampostería	15
1.17	Construcción tradicional de un muro de mampostería reforzada en tiempos de roma ..	16
1.18	La Columna de Trajano, en Roma	17
1.19	La Catedral de Estrasburgo, en Francia	17
1.20	Círculo de piedras ceremoniales de Stonage, en Inglaterra	18
1.21	El Partenón de Atenas, en Grecia	18
1.22	La Puerta del León de Mycenae, en Grecia.....	18
1.23	El Templo de Apolo, en Grecia.....	19
1.24	El Arco de Constantino, en Roma	19
1.25	El Palacio de Ctesiphon, Taq-i-Kisra, en Iraq	20
1.26	Arco Romano construido con ladrillos	20
1.27	La Basílica de Constantino, en Roma	21

1.28 Domo de la Basílica de San Pedro, en Roma ... 22
1.29 Palacio de Cliff en el Parque Nacional Mesa Verde, en Colorado, Estados Unidos ... 23
1.30 La Gran Muralla China 24
1.31 Faro de Alejandría en Egipto 24
1.32 Castillos medievales 25
1.33 Domo de Hagia Sofía, en Estambul 25
1.34 Edificio Monadnock, en Chicago 28
1.35 Antiguas construcciones de mampostería en el mundo 34

2.1 Edificio de mampostería 35
2.2 Muros simples 38
2.3 Tipos de muros compuestos 40
2.4 Localización del refuerzo en muros de mampostería 42
2.5 Muros de cavidad (Doble pared) 44
2.6 Muros de fachada 44
2.7 Muros diafragma 46
2.8 Columnas de mampostería 48
2.9 Pilastras de mampostería 49
2.10 Vigas y dinteles de mampostería 50
2.11 Sistema estructural simple 51
2.12 Sistema cargador de varios niveles 52
2.13 Sistema híbrido 53
2.14 Hotel *Excalibur*, en las Vegas 56
2.15 Principios del pre-esfuerzo 56
2.16 Ejemplos de mampostería pre-esforzada 57

3.1 Construcción de vigas y dinteles de mampostería 69
3.2 Arreglos comunes de vigas y dinteles de mampostería..... 70
3.3 Análisis de vigas de mampostería reforzada 74
3.4 Relación momento-curvatura para vigas de mampostería reforzada 76
3.5 Momento último en vigas de mampostería sub-reforzadas 83
3.6 Condición de falla balanceada para capacidad de momento último 86
3.7 Análisis por cortante de vigas de mampostería 88

3.8 Analogia de arco para vigas de mampostería reforzada sin refuerzo en el alma 90
3.9 Resistencia por cortante, mediante refuerzo en el alma en vigas de mampostería reforzadas 90
3.10 Diseño a cortante en vigas de mampostería (Diseño por esfuerzos de trabajo) 92
3.11 Longitud de desarrollo 93
3.12 Detalle simplificado del refuerzo en vigas de mampostería 94
3.13 Distribución de la carga sobre los dinteles 98
3.14 Distribución de la carga concentrada sobre dinteles de mampostería 99
3.15 Viga de mámpostería de ladrillo del ejemplo 3.1 101

4.1 Construcción de un muro de mampostería a flexión 107
4.2 Comportamiento a flexión de secciones sin refuerzo (Material elástico-lineal) 110
4.3 Interacción de carga axial y momento para valores bajos de carga axial..... 112
4.4 Pruebas en muros de mampostería reforzada soportados verticalmente 117
4.5 Análisis de muros de mampostería a flexión 121
4.6 Tipos de reforzamiento en muros de mampostería 129
4.7 Diagrama de esfuerzos actuantes en muros ... 133
4.8 Muro de mampostería reforzada simplemente apoyado 137

5.1 Construcción de un muro de mampostería sometido a carga axial y de flexión 144
5.2 Condiciones de carga en un muro de mampostería..... 145
5.3 Tipos de muro de mampostería 149
5.4 Condiciones de apoyo en muros de mampostería 150
5.5 Modificación de la ecuación unitaria por efecto de esbeltez 154
5.6 Influencia de momentos en los extremos sobre los efectos de esbeltez 154

5.7 Diagramas de interacción simple para la combinación de carga axial y flexion 157
5.8 Combinación de carga axial y flexión con acero de refuerzo a tensión 158
5.9 Relaciones esfuerzo-deformación para mampostería y acero 164
5.10 Diseño por resistencia en mampostería reforzada 168
5.11 Piezas de mampostería 183
5.12 Requisitos para mampostería con refuerzo interior 194
5.13 Conectores y refuerzo en aberturas y pretiles 195
5.14 Muro de mampostería reforzada del ejemplo 5.1 202

6.1 Construcción de una columna de mampostería 218
6.2 Columnas y pilastras 219
6.3 Detalles de columnas y pilastras 221
6.4 Efecto de esbeltez sobre la capacidad a compresión de columnas de mampostería 225
6.5 Excentricidad mínima de diseño (*ACI 530/ASCE 5/TMS 402*) 226
6.6 Altura efectiva de columnas de mampostería 227
6.7 Esquema simplificado de una columna bajo la combinación de carga axial y flexión 232
6.8 Diagrama de interacción de columnas 234
6.9 Análisis de columnas bajo flexión biaxial 236
6.10 Posibles arreglos de las pilastras 241
6.11 Cálculo de la transmisión de cargas a las pilastras 245
6.12 Cambio en la sección efectiva de la pilastra debido a la dirección de la carga después del agrietamiento 245
6.13 Diagramas de interacción para columnas de mampostería (Diseño por esfuerzos de trabajo) 251

7.1 Construcción de muros de mampostería sujetos a cortante 258
7.2 Tipos de muros de cortante de mampostería 260
7.3 Modos de falla en muros de cortante de mampostería sin refuerzo 266

7.4 Comportamiento de muros de cortante de mampostería reforzada 267
7.5 Respuesta de los muros cortante de mampostería reforzada a carga sísmica en edificios de varios niveles 268
7.6 Planta tipo de muros de cortante de mampostería en un edificio de varios niveles 271
7.7 Deflexión de muros de mampostería debido a las deformaciones por flexión y cortante 272
7.8 Rigideces relativas de muros de mampostería con aberturas 279
7.9 Fuerzas actuando sobre el piso inferior de un edificio de varios niveles 281
7.10 Combinación de muros para el cálculo de las rigideces de muros con aberturas 284
7.11 Muro con aberturas (Cálculo de rigidez y distribución de cargas laterales) 286
7.12 Contribución del acero vertical en la resistencia a la flexión de un muro de mampostería 296
7.13 Conexiones de muros en edificios de mampostería de varios niveles 304
7.14 Detalles de conexiones muro-entrepiso, muro-azotea 305
7.15 Diseño por esfuerzos de trabajo de un muro cortante de mampostería del ejemplo 7.1 307
7.16 Diseño por resistencia de un muro cortante de mampostería del ejemplo 7.1 313

8.1 Edificios de varios niveles construidos con mampostería como sistema estructural principal 314
8.2 Condiciones de carga para el cálculo de las rigideces relativas del muro 319
8.3 Acción de toda la altura en cantiliver con carga lateral distibuida 321
8.4 Relación entre cortante y momento al primer entrepiso para el cálculo de las rigideces relativas empleando el Método 4 323
8.5 Consideraciones de los bordes en las rigideces de los muros 323
8.6 Perspectiva, planta típica y elevaciones del edificio de varios niveles del ejemplo 8.1 324
8.7 Presión del viento sobre la estructura 334

8.8 Distribución de la carga lateral en las dos direcciones ortogonales 335
8.9 Diagrama de cortante en la dirección X 336
8.10 Diagrama de cortante en la dirección Y 337
8.11 Diagrama de momentos en la dirección Y 338
8.12 Diagrama de momentos en la dirección X 339
8.13 Arreglo de muros cortante en planta para resistir
8.14 los cortantetes longitudinal y transversal 340

9.1 Construcciones con mampostería reforzada 388

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
4.1	Espaciamiento de juntas de control de muros de mampostería de concreto parcialmente reforzados	135
7.1	Efecto de la relación de aspecto sobre la deflexión por cortante	274
8.1	Resumen de cálculos para el diseño fuera del plano de muros de mampostería reforzada (Esfuerzos de trabajo)	347
8.2	Resumen de cálculos para el diseño en el plano de muros de mampostería reforzada (Esfuerzos de trabajo)	364

NOMENCLATURA

a	Profundidad del bloque rectangular de esfuerzos de compresión equivalente.
a	$h\tan 30° + 0.5L - x'$, ecuación empleada en la transformación de la carga concentrada a una equivalente carga uniforme distribuida.
b	Ancho efectivo de la sección transversal en el plano bajo consideración para diseño.
c	Distancia desde el eje neutro hasta la fibra extrema.
d	Distancia desde la cara en compresión de miembros a flexión hasta el centroide del acero longitudinal en tensión.
d_b	Diámetro de la varilla de refuerzo.
d'	Distancia desde la fibra extrema hasta el centroide del acero en compresión.
e	Excentricidad de la carga considerada en el diseño.
e_k	Excentricidad que produce un esfuerzo igual a cero en la fibra extrema, para secciones sólidas equivale a $t/6$.
e_x	Excentricidad de la carga considerada en la dirección " x ".
e_y	Excentricidad de la carga considerada en la dirección " y ".
e_1	Corresponde al extremo con menor valor de excentricidad.
e_2	Corresponde al extremo con mayor valor de excentricidad.

f_a Esfuerzo de compresión axial calculado debido a la carga axial de diseño.

f_b Esfuerzo de flexión calculado en la fibra extrema considerando únicamente cargas de flexión.

f_m Esfuerzo de compresión axial por flexión en la mampostería, calculado por diseño.

$f_{m\,crítico}$ Esfuerzo de compresión de la mampostería considerado como crítico para el efecto de esbeltez.

f_{mi} Esfuerzo de flexión de la mampostería, calculado en cualquier punto *i* de la sección transversal.

f_r Módulo de ruptura de la mampostería.

f_s Esfuerzo calculado en el acero debido a cargas de diseño.

f_v Esfuerzo cortante calculado debido a las cargas de diseño.

f_y Esfuerzo de fluencia a tensión en el acero.

f'_m Resistencia de compresión especificada a los 28 días para la mampostería.

f'_t Resistencia de tensión por flexión de la mampostería.

h Altura del muro o columna entre puntos de soporte.

h_p Altura de la pilastra en el plano del muro.

h_i Altura libre de la franja *i* del muro cortante.

h' Altura efectiva del muro o columna.

j Relación o distancia entre la fuerza de compresión por flexión con respecto al centroide de la fuerza de tensión.

k Es la relación entre la profundidad del bloque de esfuerzos de compresión en miembros a flexión, con respecto al peralte del elemento, d.

k Coeficiente que define la altura efectiva de un muro o columna de mampostería.

k_b Es la relación entre la profundidad del bloque de esfuerzos de compresión en miembros a flexión con respecto al peralte del elemento d, para la condición de deformación balanceada.

l Longitud del claro entre apoyos.

l_d Longitud de desarrollo de la varilla de refuerzo.

n Relación modular.

p Carga lateral.

pu Carga lateral factorizada, uniformemente distribuida.

r Radio de giro.

s Separación de estribos o varillas en flexión en dirección paralela al refuerzo principal.

t Ancho efectivo del muro o columna.

t_f Ancho efectivo del borde de la celda hueca de la unidad de mampostería.

u Esfuerzo permisible de adherencia por unidad de área de varilla de refuerzo.

w_o Peso propio de la viga o dintel de mampostería.

x Distancia en la dirección " x ".

x_i Distancia desde el eje neutro hasta el punto i considerado.

$x_{ref,i}$ Distancia en la dirección " x " desde el punto de referencia hasta el muro cortante *i*.

x' Profundidad de la grieta en la sección sólida de la celda de mampostería, $3e - t/2$.

x Distancia en la dirección " x " desde el punto de referencia hasta el centro de rigideces del nivel de entrepiso.

y Distancia en la dirección " y ".

y_i Distancia desde el eje neutro hasta el punto *i* considerado.

$y_{ref,i}$ Distancia en la dirección y desde el punto de referencia hasta el muro cortante *i*.

y_s Distancia desde el eje neutro hasta el centroide del acero en tensión.

$\bar{y}$ Distancia en la dirección y desde el punto de referencia hasta el centro de rigideces del nivel de entrepiso.

A	Área de la sección transversal de la mampostería considerada para el cálculo de la deflexión del muro debido a la combinación de flexión y cortante.
A_e	Área efectiva de la mampostería.
A_i	Área considerada para el muro *i*.
A_m	Área de la sección de mampostería.
A_{mv}	Área neta de la sección horizontal del muro considerado para resistir la fuerza cortante.
A_n	Área efectiva de la cama de mortero.
A_s	Área efectiva de acero en la sección transversal de columnas o elementos a flexión.
A_{se}	Área efectiva del refuerzo.
A_{sl}	Área del acero de refuerzo en la dirección vertical.
A_{s1}	Área de acero en tensión en una columna de mampostería.
A_{s2}	Área de acero en compresión en una columna de mampostería.
A_v	Área de acero de refuerzo requerido por cortante, perpendicular al acero longitudinal.
C	Fuerza de compresión resultante en el diseño.
C_d	Coeficiente de cortante.
C_e	Coeficiente de excentricidad.

C_f	Fuerza de compresión en la sección sólida de la celda hueca de la mampostería.
CG	Punto donde se localiza la resultante de la fuerza lateral.
C_m	Resultante de la fuerza de compresión en la mampostería.
CR	Punto matemático donde se concentran todas las rigideces de los muros de cortante de un entrepiso.
C_s	Coeficiente de esbeltez.
C_s	Resultante de la fuerza de compresión en el acero.
C_w	Fuerza de compresión en el borde de la celda hueca de la mampostería.
E	Módulo de elasticidad.
E_m	Módulo de elasticidad de la mampostería.
E_s	Módulo de elasticidad del acero.
F	Fuerza.
F_a	Esfuerzo permisible de compresión axial de la mampostería, en elementos sujetos a carga axial concéntrica únicamente.
F_b	Esfuerzo permisible de compresión por flexión de la mampostería, en elementos sujetos a cargas de flexión únicamente.
F_m	Esfuerzo de compresión permisible para el diseño de mampostería considerando flexión y carga axial.
F_s	Esfuerzo permisible en el acero.
F_{sc}	Esfuerzo de compresión permisible en el acero en columnas de mampostería.
G	Módulo de Rigidez.

G_m Módulo de rigidez a cortante de la mampostería.

H Claro vertical entre apoyos considerado en el diseño por el método de franjas.

I Momento de inercia de la sección transversal considerada en el diseño.

I_{cr} Momento de inercia de la sección transversal agrietada.

I_e Momento de inercia efectivo considerado para el cálculo de deflexiones.

I_{eff} Momento de inercia efectivo utilizando la sección transversal agrietada.

I_g Momento de inercia de la sección transversal gruesa.

I_{tr} Momento de inercia de la sección transversal transformada.

I_0 Momento de inercia de la sección no agrietada.

I_1 Momento de inercia de la sección transversal no agrietada en el extremo con mayor excentricidad.

I_2 Momento de inercia de la sección transversal no agrietada en el extremo con menor excentricidad.

L Claro horizontal entre apoyos considerado en el diseño por el método de franjas.

M Momento de diseño.

M_a Momento aplicado en el diseño.

$M_{centroclaro}$ Momento al centro del claro considerado en el diseño de vigas de mampostería.

M_{cr} Momento nominal de agrietamiento resistente en la mampostería.

M_h Momento de diseño en direccion horizontal, empleado en el método de franjas.

M_i Momento adicional en el muro i causado por el cortante resistente V_i.

M_l Momento de diseño considerando cargas de viento únicamente.

M_n Momento nominal resistente.

M_{ovt} Momento de diseño provocado por la presencia de aberturas en el muro.

M_s Momento de servicio a media altura del muro.

M_u Momento factorizado o último.

M_v Momento de diseño en dirección vertical, método de franjas.

M_x Momento permisible en la dirección " x ".

$M_{x,diseño}$ Momento de diseño en la dirección " x ".

M_y Momento permisible en la dirección " y ".

$M_{y,diseño}$ Momento de diseño en la dirección " y ".

M_0 Momento resistente cuando la excentricidad es cero.

P Carga de diseño.

P_a Capacidad permisible en columnas de mampostería reforzada.

$P_{biaxial}$ Carga axial permisible considerando flexión en las dos direcciones.

P_c Carga de pandeo.

P_e Carga crítica de pandeo descrita por Euler.

$P_{esbeltez}$ Capacidad de carga axial considerando efectos de esbeltez.

P_i Fuerza cortante resultante en el muro *i*.

P_n Carga axial nominal resistente en la mampostería.

P_o Carga axial nominal resistente para la mampostería sin considerar cargas de flexión.

P_{ou} Carga factorizada de azotea o entrepiso.

P_u Carga axial factorizada.

P_{wu} Peso factorizado del muro en la sección considerada.

P_x Máxima carga axial permisible considerando flexión uniaxial en la dirección " x ".

P_y Máxima carga axial permisible considerando flexión uniaxial en la dirección " y ".

Q Primer momento alrededor del eje neutro de una porción de la sección transversal entre el plano bajo consideración y la fibra extrema.

R Factor de reducción.

R Rigidez a cortante.

R_c Rigidez a cortante considerando al muro en cantiliver.

R_f Rigidez a cortante considerando al muro con sus extremos empotrados.

R_{muro} Rigidez total del muro.

R_{xi} Rigidez del muro cortante *i* a flexión en la dirección " x ".

R_{yi} Rigidez del muro cortante i a flexión en la dirección " y ".

S Módulo de sección transversal considerada en el diseño.

T Fuerza de tensión por diseño.

T_s Fuerza de tensión en el estribo.

V Fuerza cortante considerada en el diseño.

V_i Fuerza cortante resistente en el muro i.

V_m Cortante resistente por la mampostería.

V_s Cortante resistente por el acero de refuerzo.

V_x Fuerza cortante en la dirección " x ".

V_{xi} Cortante que resiste el muro i al aplicar una carga externa en la dirección " x ".

V_y Fuerza cortante en la dirección " y ".

V_{yi} Cortante que resiste el muro i al aplicar una carga externa en la dirección " y ".

V_{vir} Cortante torsional.

V_{yii} Cortante directo.

W Peso de la superficie vertical del muro para la distribución de cargas sobre dinteles.

W $P/1.155h$, ecuación empleada para obtener la carga uniforme equivalente a la carga concentrada P en el diseño de vigas y dinteles.

α	Coeficiente empleado para determinar la deflexion de un muro bajo cargas de servicio.
α	Coeficiente igual a 1.5, empleado en el método del contorno de carga.
β	Coeficiente igual a 1.5, empleado en el método del contorno de carga.
β_1	$1.05 - 0.0073\ f'_m \leq 0.85$, f'_m en MPa.
δ	Coeficiente de amplificación de momentos para considerar los efectos de esbeltez.
ε_m	Deformación unitaria de la mampostería.
ε_s	Deformación unitaria del acero de refuerzo.
ε_u	Deformación unitaria última de compresión en la mampostería igual a 0.003.
ε_y	Deformación unitaria de fluencia del acero de refuerzo.
ϕ	Factor de reducción de resistencia.
ϕ_s	Factor de reducción de resistencia a cortante.
γ_1	Coeficiente igual a 0.85, empleado para determinar M_n en función del índice de refuerzo.
π	3.141593
ρ	Relación entre el área de acero de refuerzo a tensión, A_s, con respecto al área de la sección transversal considerada, bd.

ρ_b Relación de refuerzo que produce la condición de deformación balanceada.

ρ_{exist} Cuantía de acero en la sección transversal del elemento.

ρ_{max} Máxima cuantía de acero especificada para la sección transversal del elemento.

ρ_{min} Mínima cuantía de acero especificada para la sección transversal del elemento.

ρ_n Cuantía del acero distribuido en dirección vertical en la sección transversal del elemento.

ρu Carga lateral empleada en el diseño por el método de franjas.

ρ_{uh} Carga lateral distribuida en la dirección horizontal para ser empleada en el diseño por el método de franjas.

ρ_{uv} Carga lateral distribuida en la dirección vertical para ser empleada en el diseño por el método de franjas.

σ_t $M_{ovt} x_t / I$.

ω Índice de refuerzo.

$\sum_o$ Sumatoria de los perímetros de todas las varillas longitudinales.

Δ Deflexión.

Δ_c Deflexión de un muro considerado en cantiliver para la combinación de flexión y cortante.

Δ_{cr} Deflexión del muro considerando el momento de agrietamiento.

Δ_f Deflexión de un muro considerado empotrado en sus extremos para la combinación de flexión y cortante.

Δ_{muro} Deflexión de un muro de cortante considerando el efecto de las aberturas.

Δ_s Deflexión del muro considerando el momento de servicio.

Δ_u Deflexión considerando cargas factorizadas.

Δ_y Deflexión del muro en el instante que inicia la sedencia.

Δ_0 Deflexión calculada a media altura del muro, debida al momento de primer orden.

FACTOR DE CONVERSION DE UNIDADES

Unidad	Abreviatura	Factor	Unidad	Abreviatura
Pulgada	pulg	0.0254	Metros	m
		2.54	Centímetros	cm
		25.40	Milímetros	mm
Pie	pie	0.3048	Metros	m
		30.48	Centímetros	cm
		304.8	Milímetros	mm
Yarda	yd	0.9144	Metros	m
		91.44	Centímetros	cm
		914.4	Milímetros	mm
Milla	m	1.609	Kilómetros	km
Pulgada Cuadrada	$pulg^2$	6.451	Centímetros Cuadrados	cm^2
Pie Cuadrado	pie^2	0.0929	Metros Cuadrados	m^2
Yarda Cuadrada	yd^2	0.836	Metros Cuadrados	m^2

Milla Cuadrada	m^2	2.588	Kilómetros Cuadrados	km^2
Pulgada Cubica	$pulg^3$	16.387	Centímetros Cúbicos	cm^3
Pie Cúbico	pie^3	0.0283	Metros Cúbicos	m^3
Yarda Cúbica	yd^3	0.764	Metros Cúbicos	m^3
Galón	gal	3.785	Litros	lt
Millas por Hora	mph	1.6093	Kilómetros por Hora	kph
Libra	lb	0.4536	Kilogramos	kg
Kilo-libra	klb	4.45	Kilo-Newton	kN
Tonelada	Ton	907.2	Kilogramos	kg
Libras-pulg	lb-pulg	11.298 0.113	Newton-cm Newton-m	N-cm N-m
Libras-pie	lb-pie	1.3558	Newton-metros	N-m
Libras Por pie	lb/pie	14.593	Newton por m	N/m

Libras Por in^2	lb/$pulg^2$	0.0069	Newton por cm^2	N/cm^2
Kilo-libra Por in^2	klb/$pulg^2$	6.895	Mega Newton por m^2	MN/m^2
Libras Por pie^2	lb/pie^2	47.880	Newton por m^2	N/m^2
Newton Por m^2	N/m2	1.0	Pascales	Pa
Caballos de Fuerza	hp	745.7	Newton-metro por segundo	N-m/seg