

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA REFORZADA CON TRABAS VERTICALES DE CONCRETO SIMPLE ANTE SOLICITACIONES SÍSMICAS LATERALES.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el bachiller:

David Peña

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, Mayo 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA REFORZADA CON TRABAS VERTICALES DE CONCRETO SIMPLE ANTE SOLICITACIONES SÍSMICAS LATERALES

Tutor Académico: Prof. Germán Lozano

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el bachiller:

David Peña

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, Mayo 2012

Dedicatoria

Primeramente y de forma pronunciada a Dios, generador de luz y guía para mi alma, dador de ciencia y sabiduría.

A todas las personas que dieron y dan su vida día a día de todas las formas posibles, nuestro crecimiento como sociedad, más allá de su ideología política o motivación personal, pero que de forma directa o indirecta contribuyeron al mejoramiento de nuestras vidas. A todos los personajes iconos en la historia que fueron capaces de levantar sus voces con valor en contra de la aceptación del “deber ser”, dándole origen, razón y causa a las letras de nuestro Himno Patrio.

A mi país, Venezuela, “Tierra de Libertadores”.

A la universidad por brindarme la oportunidad de crecer y madurar en el entendimiento de la vida, la política, la razón, la autodisciplina, la técnica, los discursos y las medias verdades, en la interminable dialéctica del opresor y el oprimido.

A hombres emblemáticos como: Sai, Jesús de Nazaret, Walt Whitman, Gandhi, que me han ayudado a hacer trascender el trabajo del ego, en el camino de la formación del carácter.

A mi familia, que de manera desinteresada dieron y siguen dando su apoyo en la superación de mis metas académicas, personales, espirituales, entre otras; brindándome el soporte necesario para que se lleven a cabo. A mi hermano Samuel, mi madre Yajaira y especial mención a mi padre Antonio, por su criterio en la escogencia de mi formación académica.

A mi mismo, tras la superación de innumerables obstáculos y pruebas a las cuales todos estamos destinados a confrontar en el transcurso de nuestras vidas.

Agradecimientos

A Dios, por razones obvias.

A mi país, por darme todo.

A las miles de personas que con sus impuestos pagaron mi educación

A mi familia, tíos, tías, primos, primas, por existir y contextualizar mi vida y mi historia.

A mi madre, que se tranocho ayudándome

A mis abuelos, por sus oraciones.

A mis profesores, por sus enseñanzas y ejemplo (o contraejemplo) que ayudaron a mi formación como profesional.

A mis amigos, por todos esos momentos de “ping”, ahora recuerdos felices en mí.

A Belén Vásquez, por su apoyo, comprensión y amor tras todo este tiempo.

A mis compañeros de clase, por su colaboración,

Y al inventor de la internet, sin el nada de esto hubiera sido posible,

Y un especial agradecimiento al profesor e ingeniero Germán Lozano, por ser mi “Mentor” en esta “Odisea”, permitiendo ahondar en el conocimiento de los fundamentos y buena práctica de la Ingeniería Civil, así como de todo el personal que labora en Gelca Consultores.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERÍA
REFORZADA CON TRABAS VERTICALES DE CONCRETO SIMPLE ANTE
SOLICITACIONES SÍSMICAS LATERALES

Autor: David Antonio Peña Colmenares

Tutor: Ing. Lozano Germán

Fecha: Mayo 2012

210 págs.

RESUMEN

En vista de la falta de un reglamento o normativa técnica en Venezuela que regule el diseño, construcción e inspección de sistemas constructivos basados en mampostería estructural, poco ha sido el desarrollo de métodos constructivos que aprovechen sus propiedades sísmo-resistentes, debido entre otros aspectos a la complejidad en la tipificación y cuantificación de sus mecanismos de falla y los factores que en ellos intervienen. En este sentido, el objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento de una mampostería estructural de bloques de concreto con perforación vertical reforzada con trabas verticales de concreto simple, ante las acciones de cargas de servicio y sismo, así como hacer referencia de estudios anteriores de mampostería estructural realizados en el IMME. Esta evaluación se realizó a partir de dos modelos teóricos uno simple y otro discreto (por elementos finitos con la utilización del programa SAP 2000), para comparar sus comportamientos con el esperado según los lineamientos dados por la UBC 1997 Y FEMA 273/274, destinados a la rehabilitación de edificaciones en los Estados Unidos. De este modo se logró identificar aspectos y criterios de gran importancia en el “estado del arte” de la elaboración de mampostería estructural tanto para su estudio experimental como de diseño, discretizando así diferentes métodos de diseño en función del grado de ductilidad que se desee que esta desarrolle y del cumplimiento de los requerimientos mínimos de reforzamiento, calidad de materiales, inspección, entre otros, previstos en dichos lineamientos internacionales.

Palabras claves. Mampostería, Mampostería Estructural, FEMA 273, mampostería reforzada, Mampostería No reforzada.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	5
PROBLEMA.....	5
I.1 Planteamiento del problema.....	5
I.2 Objetivos.....	8
I.2.1 Objetivo General.....	8
I.2.2. Objetivos Específicos.....	8
I.3 Alcance y Limitaciones.....	9
I.4 Aportes.....	10
CAPITULO II.....	11
MARCO TEORICO.....	11
II.1 Generalidades.....	11
II.1.1 Glosario.....	11
II.1.2 Definición de Muro y Tabique.....	15
II.1.3 Evolución de las construcciones de mampostería.....	17
II.1.4 Sistemas Constructivos para vivienda de mampostería.....	20
II.1.5 Usos arquitectónicos de muros.....	23
II.2 Caracterización de la mampostería en Venezuela.....	24
II.2.1 Generalidades.....	24
II.2.2 Muros con materiales alternativos (No sismo-resistentes).....	25
II.2.3 Muros con Materiales actualmente tipificados (con baja sismo-resistencia).....	27
II.2.4 Resistencia de paredes construidas según lineamiento MOP 1955 (COMENTARIOS).....	33
II.3 Experiencias de mampostería realizada en el IMME.....	34

III.3.1 Experiencias recientes en mampostería confinada sismo-resistente. Por Enrique Castilla.....	34
II.3.2 Análisis de muros de mampostería compuestos actuando como muros de corte. Por Eugenio Pollner.	37
II.3.3 Análisis de ensayos típicos en mampostería utilizando el método de los elementos finitos. Por Marianela Lafuente y Carlos Genatios.	40
II.3.4 Cuantificación de la influencia del comportamiento en la adherencia a corte bloque-mortero para bloques de arcilla. Trabajo especial de grado de B. Díaz y M.Figueroa, bajo la tutoría del ingeniero Carlos Genatios.	46
II.4 Comportamiento Estructural.....	50
II.4.1 Comportamiento estructural y configuración	50
II.4.2 Comportamiento mecánico de las piezas.....	51
II.4.3 Comportamiento mecánico del mortero.....	52
II.4.4 Comportamiento mecánico de la mampostería a compresión	53
II.4.5 Comportamiento mecánico de la mampostería a tensión diagonal y Corte	54
II.5 Consideraciones de FEMA 273, 274 Y FEMA 306, 307	55
II.5.1 Generalidades.....	55
II.5.2 Fundamentos sobre diseño por desempeño.....	55
II.5.3 Tipos de mampostería y reforzamiento	57
II.5.4 Pertinencia del análisis según el código de construcciones uniformes (Uniform Building Code -UBC)	62
II.5.5 Requisitos mecánicos mecánicas de las unidades tipificadas de mampostería según la UBC.	66
II.5.6 Cemento para el mortero de la mampostería estructural.	72
II.5.7. Mortero de Cemento	72
II.6 Diseño de mampostería según UBC 1997	73
II.6.1 Requerimientos generales.....	73
II.6.2 Mampostería No reforzada	74
II.6.3 Diseño por esfuerzos admisibles (“Working Stress Design”) según la UBC 1997	75
II.6.4 Mampostería Reforzada.....	77

II.6.5 Diseño por Resistencia	78
II.7 Requisitos mecánicos mecánicas de las unidades tipificadas de mampostería según la FEMA.	82
II.7.1 Propiedades de los materiales y condiciones de medición	82
II.7.2 URM mampostería no reforzada	83
II.7.3 Criterios de evaluación de la FEMA 273/274.....	88
II.8 Análisis de la mampostería reforzada y no reforzada según UBC 1997 o IBC 2009.....	94
II.8.1. Resumen: esfuerzos admisibles para diseño	94
Figura 50 Sistema de Referencias y Distribución de esfuerzos. Ref 2.....	94
II.8.2 Resumen: esfuerzos de resistencia para diseño	98
CAPITULO III	101
Metodología.....	101
III.1 Mampostería de bloques con perforaciones verticales reforzada con trabas verticales de concreto simple.	101
III.1.1 Desarrollo Teórico y suposiciones.....	101
III.1.2 Algoritmo de diseño y evaluación del modelo Simple	102
III.1.3 Algoritmo de diseño y evaluación en modelo discreto (elementos finitos).	114
CAPITULO IV	196
RESULTADOS	196
V.1 Comportamiento estructural de los modelos simple y discreto:	196
V.1.1.- Sección Plana	196
V.1.2.- Modulo de corte.....	197
V.1.3.-Rigidez Lateral.....	200
V.1.5.- Esfuerzos de corte en la sección.....	204
V.1.6. Esfuerzos en las diagonales	207

V.2 Comportamiento estructural de la mampostería confinada ensayados en estudios anteriores realizados en Venezuela.	208
CAPITULO V.....	214
Análisis de los Resultados	214
CAPITULO VI.....	218
Conclusiones	218
CAPITULO VII.....	220
Recomendaciones	220
Bibliografía.....	220

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del anclaje en techos, entrepisos y machones.....	28
Tabla 2. Características de la viga de corona.	28
Tabla 3. Características del muro.	29
Tabla 4. Características del reforzamiento.	30
Tabla 5. Fuerza cortante admisible en pernos	32
Tabla Nº 6 Espesores mínimos de muros.....	33
Tabla 7, Valores de T_{ao} máximos. Ref 24	43
Figura 31. Esfuerzos normales y tangenciales. Ref 24	44
Figura 32. Esfuerzo en diagonal. Ref 24.....	44
Tabla 8. Comportamiento Mortero por variación de Rigidez relativa	46
Tabla 21-1-B- Requerimientos físicos por tipo de unidad de mampostería.....	67
Tabla 21-5-d-Dimensiones mínimas	67
Tabla 21-1-C- Requerimientos Físicos Por Tipo De Unidad De Mampostería	68
Figura 46 partes del bloque. Ref 19.....	69
Tabla 21-3-B Requerimientos de esfuerzo a compresión	70
Tabla 21-4-B Peso según grados de mortero	71
Tabla 21-4-B requerimientos de esfuerzo.....	71
Tabla 21-4-C Rigideces mínima	71
Tabla 21-5-B requerimientos de esfuerzo.....	72
Tabla 21-8-B Clasificación de mortero según peso.....	72
Tabla 21-14-A Requerimientos de esfuerzo a compresión. (min)	73
Tabla 21-15-A requerimientos de mortero	73

Tabla 9. Valores asumidos de las propiedades mecánicas del modelo	105
Tabla 10. Fuerzas sobre modelos	109
Tabla 11. Calculo del Momento de inercia de la sección efectiva (sección transformada) con esbeltez 1.5	111
Tabla 12. Calculo del Momento de inercia de la sección efectiva (no fisurada) con esbeltez 1.0	112
Tabla 13. Esfuerzos a corte y flexión por la fuerza horizontal (FR).....	113
Tabla 14. Esfuerzos a corte y flexión sobre pared.	113
Tabla 15. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0.....	115
Tabla 16. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5.....	119
Tabla 17. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.0.....	123
Tabla 18. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.5.....	126
Tabla 19. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.0.....	130
Tabla 20. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.5.....	134
Tabla 21. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 2 pisos, con esbeltez 1.0.....	138
Tabla 22. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 2 pisos, con esbeltez 1.5.....	142
Tabla 23. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.0.....	145
Tabla 24. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.5.....	149
Tabla 25. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.5.....	153
Tabla 26. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.0.....	156
Tabla 27. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5.....	160
Tabla 28. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0.....	164
Tabla 29. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.5.....	168
Tabla 30. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.0.....	177
Tabla 31. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.5.....	181
Tabla 32. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.0.....	185

Tabla 33. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5.....	189
Tabla 34. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0.....	192
Tabla 35. Esfuerzos de Flexión por lado de Pared (A y B)	197
TABLA 36 Comparación de esfuerzo de Tabla 35.....	197
Tabla 37 Esfuerzos sobre bloques superiores (Shell)- Pared $e=1.5$	198
Tabla 38. Esfuerzos sobre bloques superiores (Continuación).....	199
Tabla 39 Desplazamiento de Junta.....	200
TABLA 40 TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES.....	201
TABLA 42 TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES.....	202
TABLA 43.TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES.....	203
Tabla 44. Valores de a	203
TABLA 45. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES.....	203
Tabla 46. Rigidez de pared	203
Tabla 47 : Esfuerzos en Bloques (Shell) $e=1.5$	205
Tabla 48: Esfuerzos en Bloques (Shell) $e=1.0$	205

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.Muro Diafragma.Ref. 22	21
Figura 2. Muro Confinados.Ref. 22	21
Figura 3. Muro no reforzados. Ref. 22	22
Figura 4. Muros reforzados internamente Ref. 22	22
Figura 5 Muro de Adobe Tomado de Ref. 21	26
Figura 6 Muro de Tapia Tomado de Ref. 20	26
Figura 7.Reforzamiento con barras y pernas, Ref 11	31
Figura 8. Reforzamiento en esquinas. Ref 11	32
Figura 9. Machon. Ref 11	32
Figura 11. Separación entre bloques. Ref 11	32
Figura 10. Saliente de Carga. Ref 11	32
Figura 12. Murete. Ref 13	35
Figura 14. Muro. Ref 13	35
Figura 13. Muro. Ref 13	35
Figura 16. Curva Esf-Def. Ref 13	35
Figura 15. Curva Histéresis. Ref 13	35
Figura 17. Variación de Esf de Corte por esbeltez. Ref 13	36
Figura 19. Deslizamiento de Juntas.Ref 13	36
Figura 18. Daño en Pared ensayada. Ref 13	36
Figura 21. Esfuerzo de tracción en junta. Ref 13	37
Figura 20. Variación en dirección de Carga. Ref 13	37
Figura 22. Junta Mortero- Bloque. Ref 15	37

Figura 23. Modelos a ensayar. Ref 15.....	38
Figura 24. Deriva de modelos. Ref 15.....	39
Figura 25. Variación por nivel. Ref 15.....	39
Figura 26. Modelación de Murete. Ref 24.....	40
Figura 27. Modelación de Muro. Ref 24.....	40
Figura 28. Esfuerzos en muro. Ref 24.....	41
Figura 30. Esfuerzos de Tracción. Ref 24.....	42
Figura 29. Esfuerzos de Compresión. Ref 24.....	42
Figura 31. Esfuerzos normales y tangenciales. Ref 24.....	44
Figura 32. Esfuerzo en diagonal. Ref 24.....	44
Figura 33. Ensayo de murete. Ref 25.....	46
Figura 34. Ensayo de murete. Ref 25.....	46
Figura 35. Esquema de Colocación de Piezas en Murete. Ref 25.....	47
Figura 36. Esfuerzos de compresión en Bloques Ref 25.....	48
Figura 37. Esfuerzos de compresión en Murete Ref 25.....	48
Figura 39. Ensayos de Corte. Ref 25.....	49
Figura 38. Confinamiento. Ref 25.....	49
Figura 40. Ensayo de Murete. Ref 18.....	53
Figura 41. Ensayo de la mampostería a tensión diagonal y Corte. Ref 18.....	55
Figura 42. Desempeño de mampostería según reforzamiento. Ref 8.....	63
Figura 43 Ladrillo Macizo y Hueco. Ref 7.....	66
Figura 44 Solid Clay Brick. Ref 7.....	66
Figura 45 Hollow clay brick. Ref 7.....	68
Figura 47 Bloques típicos de concreto. Ref 19.....	69

Figura 46 partes del bloque. Ref 19.....	69
Fig. 48 Tipos de arreglos. Ref 2.....	70
Figura 49 Esfuerzo sobre pared no reforzada. Elaboración Propia.....	94
Figura 50 Sistema de Referencias y Distribución de esfuerzos. Ref 2.....	94
Figura 51 Esfuerzo sobre pared reforzada. Elaboración propia.....	98
Figura 52 Diagrama de flujo para el diseño de mampostería estructural. Elaboración Propia	103
Figura 53. Configuración de modelo sin relleno. Elaboración Propia.....	106
Figura 54.A Configuración de modelo sin relleno. Elaboración Propia.....	106
Figura 54.B Juntas en el modelo Elaboración Propia.....	106
Figura 54.C Dimensionamiento del bloque. Elaboración Propia	106
Figura 55. Esbelteces del Modelo Discreto . Elaboración Propia Dimensionamiento del bloque	107
Figura 56. Fuerzas aplicadas a pared. Elaboración Propia	107
Figura 57 Diagrama de llenado. Elaboración Propia.....	110
Figura 58. Diagrama de esfuerzo en salida para shell en SAP 2000.....	114
Figura 59. Pared de piso 5 con esbeltez 1.0.....	115
Figura 60. Pared de piso 5 con esbeltez 1.5.....	119
Figura 61. Pared de piso 4 con esbeltez 1.0.....	122
Figura 62. Pared de piso 4 con esbeltez 1.5.....	126
Figura 63 Pared de piso 3 con esbeltez 1.0.....	130
Figura 64. Pared de piso 3 con esbeltez 1.5.....	134
Tabla 20. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.5.....	134
Figura 65 Pared de piso 2 con esbeltez 1.0.....	137
Figura 66 Pared de piso 2 con esbeltez 1.5.....	141
Figura 67 Pared de piso 1 con esbeltez 1.0.....	145

Fig. 68 Pared de piso 1 con esbeltez 1.5	149
Fig 69. Pared de piso 1 con esbeltez 1.5	152
Figura 70. Pared de piso 1 con esbeltez 1.0	156
Figura 71. Pared de piso 2 con esbeltez 1.5	160
Figura 72. Pared de piso 2 con esbeltez 1.0	163
Figura 73. Pared de piso 3 con esbeltez 1.5	167
Figura 74. Pared de piso 3 con esbeltez 1.0	177
Figura 75. Pared de piso 4 con esbeltez 1.5	181
Figura 76. Pared de piso 4 con esbeltez 1.0	184
Figura 77. Pared de piso 5 con esbeltez 1.5	188
Figura 78. Pared de piso 5 con esbeltez 1.0	192

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo especial de grado busca evaluar el comportamiento esperado de una pared no tipificada de mampostería, reforzada con trabas verticales de concreto simple, es decir, sin acero de refuerzo, bajo acciones de servicio y sismo; enmarcándolo en los lineamientos dados en otros países, donde se tiene un amplio registro y conocimiento del comportamiento de paredes tipificadas, como es el caso de Agencia Federal para el Manejo de Emergencias FEMA (“Federal Emergency Management Agency”) y el código de construcción UBC (“Uniform Building Code”) en Estados Unidos, así como el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 en Colombia.

En Venezuela, en la década de 1950 el Ministerio de Obras Públicas edita “Normas para el Cálculo de Edificios” (MOP, 1955) denominando a la mampostería como “muro”, donde se busca clasificar, estandarizar y regular aspectos geométricos de muros y tabiques en general, así como limitar parámetros mecánicos de sus elementos a solicitaciones diversas, desde un punto de vista resistente y plantear su reforzamiento adecuado para materiales diversos, entre ellos arcilla, concreto, adobe, etc.

Tras el terremoto ocurrido en Caracas el 27 de julio de 1967, el Ministerio de Obras Públicas edita las “Normas para el cálculo de estructuras de concreto armado para edificios- Teoría Clásica-” (COVENIN 1753, 1967), donde su aplicabilidad queda limitada a los casos de muros estructurales de concreto armado cuya solicitud principal está constituida por su compresión paralela a su plano medio o superficie directriz, desincorporando aspectos normativos para otros materiales, regulados en normas predecesoras (MOP, 1955).

Posteriormente, esta situación de omisión se repite con la publicación de la norma “Estructuras de concreto armado para edificaciones. Análisis y diseño” (COVENIN 1753, 1997) publicada en el año 1987 y su última revisión en el año 2006 (COVENIN 1753, 2006), con la diferencia que se incorporaron otros criterios de diseño no solo a estado límite de servicio, como era evaluado hasta ese entonces, sino también en estado límite de agotamiento.

Por otra parte, existen estudios realizados en Venezuela sobre el comportamiento de la mampostería estructural bajo acciones horizontales y de servicio, donde por ejemplo, se buscó reemplazar los efectos del panel en el análisis por una diagonal equivalente, cuya rigidez era función del dimensionamiento de los pórticos, del espesor y módulo de elasticidad de los paneles, entre otras consideraciones¹. De igual forma, se ha buscado evaluar la capacidad portante de paneles de mampostería, confinándola con elementos resistentes de concreto, creando así, un marco o pórtico relleno (“infill frame”), de forma tal que se pudiera medir el movimiento relativo de sus diferentes elementos componentes (mampostería, vigas y columnas) bajo la acción conjunta de cargas horizontales y verticales². En otro orden de ideas, distintos autores han buscado caracterizar el comportamiento del conjunto bloque-mortero de forma tal de identificar las variables relacionadas a su capacidad resistente de una manera experimental³, y de forma teórica⁴ a través del uso de programas de elementos finitos para el estudio de sus

¹ Estudio desarrollado por el ingeniero Pollner denominado “Análisis de muros de mampostería compuestos actuando como muros de corte” (Pollner, 1977) ensayado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME).

² Ensayos realizados por el Ingeniero Castillas “Experiencias recientes en mampostería confinada sismo-resistente” (Castilla, 1990). ensayado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME).

³ Trabajo especial de grado de B. Díaz y M.Figueroa, bajo la tutoría del ingeniero Carlos Genatios. “Cuantificación de la influencia del comportamiento en la adherencia a corte bloque-mortero para bloques de arcilla”.

⁴ Análisis de ensayos típicos en mampostería utilizando el método de los elementos finitos. Por Marianela Lafuente y Carlos Genatios

relaciones fundamentales en la distribución de esfuerzos y capacidad resistente de la mampostería.

Sin embargo, estos estudios no han sido incorporados en las normas actuales de construcción en Venezuela.

Motivado a que existen numerosas edificaciones (formales y no formales) que incorporan a la mampostería como elemento arquitectónico fundamental en la disposición de espacios, y muchas veces como elemento primario en el sostenimiento de la estructura (casas informales en zonas populares) , sumado al hecho que actualmente no existe una normativa de construcciones sismo-resistentes para dichos elementos mampuesto, se hace necesaria una revisión lo más detallada posible sobre el “estado del arte” en el diseño de este tipo de construcciones. Motivo por el cual se propone este trabajo de grado, estructurado en siete capítulos que se mencionan a continuación:

En el primer capítulo se plantea el motivo por el cual se desarrolla esta investigación, los objetivos planteados y el alcance de la misma.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico, donde se contemplan las definiciones y datos relevantes necesarios para un correcto entendimiento del desenvolvimiento del trabajo.

En el tercer capítulo se describe la metodología a emplear para alcanzar los objetivos planteados. El mismo se desglosa en 3 etapas fundamentales, en las cuales se clasifica la mampostería en estudio según UBC y se asumen los criterios propios del método de diseño para dicha mampostería, se asumen las propiedades geométricas y mecánicas propias del modelo para su posterior evaluación por dos métodos: uno simple (según lo indica la UBC) y otro complejo (elaborado en SAP 2000). El caso más

apropiado para el tipo de mampostería particular⁵ en estudio antes mencionado, se limita a casos donde la excentricidad generada por la fuerza sísmica quede acotada en el tercio medio longitudinal, de forma tal que garantice que la pared trabaje solo a flexo-compresión; para su posterior evaluación y análisis.

En el cuarto capítulo, se presentan los resultados de la evaluación de la mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple, y se describen los resultados obtenidos durante la investigación prescritos en el planteamiento de los objetivos.

Y finalmente en el quinto, sexto y séptimo capítulo, se realizan el análisis de los resultados, las conclusiones y recomendaciones, respectivamente.

⁵ Mampostería de bloque de concreto con perforación vertical reforzada con trabas verticales de concreto simple

CAPITULO I

PROBLEMA

I.1 Planteamiento del problema

La mampostería es una de las obras de albañilería más antiguas en la construcción de viviendas en Venezuela y el mundo. Sus orígenes se remontan desde la prehistoria, con la utilización de mortero de barro y el apilamiento de piedras para formar un lugar donde resguardarse, hasta hoy día, con su diversificación de usos en construcciones de edificios como elemento arquitectónico y/o estructural.

En Venezuela es ampliamente utilizada la mampostería en la construcción de diferentes edificaciones, por su reducido precio, así como por su rápida y fácil ejecución. Sin embargo, el uso de esta en espacios urbanos requiere, en muchos casos, que su configuración estructural en estas edificaciones dependa más de las necesidades arquitectónicas del proyecto que de un buen juicio de estructuración, por lo que muchas veces no queda clara la consideración o no de estos elementos en el análisis estructural. Muchos autores refieren que la presencia de paredes adosadas (no aislada) a las columnas y vigas de una edificación, afectan considerablemente su comportamiento sísmico, pues la interacción entre esta y la estructura aporticada puede modificar en gran medida su rigidez y generar serios problemas estructurales como torsión en el edificio, columna corta, piso blando, entre otros; entendiendo que estas paredes, referidas en fuentes de otros países, hacen referencia a las paredes de mampostería estructural, con un cierto grado de resistencia requerida.

Se sabe que alrededor del ochenta por ciento (80%) de la población se encuentra en la zona norte costera, la cual se caracteriza por presentar una alta amenaza sísmica

(Ref. 1). Además, la mayoría de las edificaciones de esta zona, son de mampostería no estructural construidas sin intervención de personal especializado, generando un desmejoramiento en las condiciones de vulnerabilidad del sistema estructural ante sollicitaciones sísmicas intensas.

De manera general la construcción de viviendas venezolanas se sustenta fundamentalmente en el uso de una mampostería informal no estructural que no cumple con los requisitos mínimos de reforzamiento y de calidad de materiales para la construcción. Este incumplimiento de las normativas internacionales establecidas para la construcción hace que la mampostería venezolana sea catalogada como un elemento de encerramiento y división de los espacios internos dentro de las edificaciones, por esta razón es excluida en el análisis estructural, posiblemente por el desconocimiento en las exigencias de los códigos internacionales que rigen esta materia.

A partir del terremoto de Northridge, Los Ángeles en 1992, en los EE.UU. se vieron obligados a desarrollar una serie de lineamientos o normas para la mampostería como elemento estructural, entre ellos Federal Emergency Management Agency 273 (FEMA 273, 1997), elaborados a partir de la revisión de la información empírica y teórica disponible de diferentes institutos y autoridades en el tema de ese país.

Los lineamientos del FEMA 273, es un compendio de diseño por desempeño aplicable a las estructuras construidas de concreto armado, acero estructural, estructuras de madera, sistemas de mampostería portante y sistemas mixtos, que se encuentran en la región sísmica de los Estados Unidos. Es posible utilizar este código como una guía siempre y cuando se sigan los reglamentos del código de construcción y normas que establece el mismo en la jurisdicción del país donde pretende ser aplicado; para el caso de Venezuela las normas COVENIN 1753 y COVENIN 1756 no dictan regulaciones en

esta aspecto. Por lo tanto, se requiere un estudio para conocer las diferentes pautas en los cuales FEMA 273 cubre el diseño por desempeño de los elementos mampuestos normalizados, sus métodos de análisis, así como los parámetros que intervienen en la determinación de sus comportamientos esperado.

En vista de lo anterior, en este trabajo de grado se propone evaluar el comportamiento estructural de la mampostería de bloques de concreto con perforación vertical reforzada con trabas verticales de concreto simple, y compararla con los ensayos realizados a mampostería reforzada, no reforzada y confinada, a través de la simulación de modelos de análisis estructurales del tipo simple y complejo, elaborados por miembros unidireccionales y por medio continuo, respectivamente, mediante la utilización del programa estructural SAP2000 y los métodos de análisis propuestos en la FEMA 273, para mampostería estructural existente en proyectos estructurales.

Con la comparación de los resultados tanto de los ensayos realizados anteriormente en el IMME, como los obtenidos de los modelos propuestos.

Se recomendará su uso de acuerdo a sus ventajas y desventajas, en función de las conclusiones pertinentes a cada tipo de mampostería.

Algunas interrogantes que se plantean al elaborar este trabajo especial de grado:

- ¿Cuál es el “estado del arte” en el diseño y evaluación de la mampostería estructural nueva y/o existente?
- ¿Cómo se caracterizaría una mampostería reforzada con trabas de concreto simple, dentro de los casos tipificados de mampostería estructural?
- ¿Cuál deberían ser el modelo y criterios de análisis más apropiado para evaluar el comportamiento de este tipo de mampostería?

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento estructural de la mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple ante las acciones de cargas de servicio y de carácter sísmico.

I.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar el comportamiento estructural de la mampostería no reforzada y reforzada según las regulaciones de FEMA (Federal Emergency Management Agency) 273 y 274.
2. Analizar el comportamiento estructural de mampostería confinada de acuerdo a los estudios realizados en Venezuela (IMME, NORMAS COVENIN 1753, 1756: 2006, MOP 1955, MOP 1967).
3. Elaborar los modelos de análisis estructural para paredes de mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple, colocadas a cada 40 cm, con relación de esbeltez de largo/altura de 1,0 y 1.5.
4. Analizar los modelos estructurales simples constituidos por miembros unidireccionales y los modelos estructurales complejos elaborados por medio continuo a través de elementos finitos, mediante la utilización del SAP2000.
5. Comparar los resultados de los ensayos de la mampostería reforzada, no reforzada, confinada y la nueva mampostería reforzada.

I.3 Alcance y Limitaciones

El presente trabajo esta limitado al análisis estructural de una pared de mampostería, con las siguientes limitantes:

1. Los bloques de la pared son de concreto con perforación vertical, unidos con trabas verticales de concreto simple.
2. La resultante de carga se encuentra en el tercio medio de la pared.
3. No se consideran cargas perpendiculares al plano de la pared, es decir, se limito el análisis en el plano de la misma.
4. Se define una sobrecarga centrada longitudinalmente en la pared. Los mecanismos de falla en estudios vienen dados por dos tipos de carga: a) horizontales, que generan flexión, corte, y compresión en la diagonal principal; y b) verticales, que se chequea por Pandeo Euleriano.

I.4 Aportes

El presente trabajo especial de grado posee gran relevancia para la ingeniería civil, ya que expone información valiosa desde el punto de vista metodológico para el análisis de una mampostería reforzada no estipulada en las normas venezolanas.

Por otro lado, la elaboración de dicho trabajo permite discretizar a groso modo, cuales son las características de sus competentes efectivas en el reforzamiento de una mampostería, recomendadas en las normas estructurales nacionales, comparándolas con el “estado del arte” en diseño de mampostería, en este caso particular, las pautas dadas por la FEMA para la rehabilitación de edificaciones FEMA 273 y 274.

Así mismo, este trabajo le da continuidad a los estudios de vulnerabilidad sísmica de la mampostería realizados en la universidad, a través del Instituto de materiales y modelos estructurales (IMME), material base de la construcción formal y no formal en el país.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

El Capítulo II corresponde al marco teórico, en el cual se presentan las definiciones necesarias para la comprensión del trabajo y se realiza una reseña histórica en el uso y diseño de estructuras basadas en la Mampostería Estructural como elemento fundamental de sismo-resistencia.

Por otro lado, se mencionan aspectos sobre la cultura constructiva de mamposterías reforzadas o no reforzadas provenientes de normativas predecesoras, así como las conclusiones obtenidas en investigaciones hechas en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME).

Además, se hace mención de organismos internacionales que realizan labores de rehabilitación y reforzamiento de estructuras ante terremotos, y que han realizados estudios teóricos y experimentales que sirven de bases para el desarrollo de esta investigación.

II.1 Generalidades

II.1.1 Glosario

➤ Glosario según UBC

Muro (“Wall”): es un componente generalmente colocado en sentido vertical, utilizado para encerrar o dividir espacios.

Muro de Carga (“Bearing wall”): es un muro que soporta cargas verticales, diferentes a las de peso propia. Puede ser interno o externo.

Muro de Corte (“Shear Wall”): es un muro de carga o no portante, diseñado para resistir las fuerzas sísmicas que actúan en el plano del muro. También se denominan paredes de corte o pantallas.

Sistemas de Muros de Carga (“Bearing Wall System”): es un sistema estructural en el cual, los muros de carga dan apoyo a todas o la mayoría de las cargas verticales. La resistencia a la fuerza sísmica se obtiene por medio de paredes de corte o pórticos arriostrados.

Muros No Portantes (“Nonbearing Wall”): son muros que no llevan cargas verticales diferentes de su propio peso o las que permita el Código. Pueden ser muros interiores o exteriores.

Mampostería Reforzada (RM) : Ver capítulo II.5.2. Pág. 58

Mampostería No reforzada (URM): Ver capítulo II.5.4. Pág. 61

Pórtico (“Frame”)

Pórtico Arriostrado (“Braced frame”): es una cercha, armadura vertical o su equivalente, usada en una construcción aporticada o de sistema dual, para resistir las fuerzas sísmicas, y en el cual los miembros de la cercha están sujetos básicamente a tensiones axiales.

Construcción Aporticada (“Building Frame System”): es un sistema estructural que consiste, esencialmente, en un pórtico espacial que soporta las cargas verticales, donde las paredes de corte o pórticos arriostrados suministran la resistencia a la fuerza sísmica.

Sistema Dual (“Dual System”): es un sistema estructural que consiste en un pórtico espacial que soporta cargas verticales. Dentro de este sistema debe haber un pórtico especial de momento, capaz de resistir, por lo menos, el 25% de las fuerzas sísmicas recomendadas. La resistencia total a la fuerza sísmica se obtiene con la combinación

de pórtico especial de momento y las paredes de corte o pórticos arriostrados, en proporción a sus rigideces relativas.

Sistema de pórtico resistente a momento (“Moment Resisting Frame System”): es un sistema estructural con un pórtico espacial que soporta las cargas verticales. La resistencia a la fuerza sísmica está dada por pórticos ordinarios o especiales de momento, capaces de resistir la totalidad de las fuerzas sísmicas previstas.

Pórtico Ordinario de Momento (“Ordinary Moment Frame”): es un pórtico especial en el cual sus miembros y sus nodos son capaces de resistir momentos flectores y cargas axiales.

Pórtico Especial de Momento (“Special Moment Frame”): es un pórtico especiales en el cual sus miembros y sus nodos son capaces de resistir momentos flectores y cargas axiales, con un detallado sismo-resistente propio del nivel de diseño 3, según COVENIN 1756

Pórtico especial (“special Frame”): es un sistema estructural constituido de miembros interconectados, diferentes a los muros de carga, que pueden soportar cargas verticales y pueden, también, dar resistencia contra las fuerzas sísmicas.

➤ Glosario según Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Área bruta de la sección — Área delimitada por los bordes externos de la mampostería en el plano bajo consideración.

Área neta de la sección — Es el área de la unidad de mampostería incluyendo los morteros de relleno y excluyendo las cavidades vacías, medida en el plano bajo consideración, desde los bordes externos de la mampostería.

Bloque de perforación horizontal — Es un bloque de concreto o arcilla cuyas perforaciones son horizontales y se asienta sobre la cara que no tiene huecos.

Bloque de perforación vertical — Es un bloque, de concreto o de arcilla cocida, que tiene perforaciones verticales que forman celdas donde se coloca el refuerzo. En las celdas donde haya refuerzo vertical debe colocarse mortero de relleno.

Celda — Cavidad continúa interior en la mampostería.

Mortero de relleno — Mezcla fluida de materiales cementantes, agregados y agua, con la consistencia apropiada para ser colocado sin segregación en las celdas o cavidades de la mampostería.

Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m) — Mínima resistencia nominal de la mampostería a compresión, medida sobre el área transversal neta y sobre la cual se basa su diseño.

Murete o prisma — Ensamble de piezas de mampostería con mortero de pega inyectadas o no de mortero de relleno, usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades de la mampostería

Muro estructural — Elemento estructural de longitud considerable con relación a su espesor, que atiende cargas en su plano, adicionales a las de su peso propio.

Muro no estructural — Elemento dispuesto para separar espacios, que atiende cargas únicamente debidas a su peso propio.

Muros de mampostería reforzada contruidos con unidades de perforación vertical son muros cuya resistencia a la compresión de la mampostería f'_m no puede ser menor de 10 MPa, ni una resistencia mayor de 28 MPa.

Muros de mampostería parcialmente reforzada contruidos con unidades de perforación vertical son muros cuya resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m) no puede ser menor de 8 MPa.

Muros de mampostería no reforzada son muros que no cumple con todos los requisitos

Establecidos para la mampostería parcialmente reforzada o mampostería reforzada, ni mampostería rellena o “infill frame”...

Mampostería Rellena (“Infill Frame”): son muros de mampostería colocadas en un marco de acero o concreto. Para muros donde existe una separación entre este y el marco se denominan muro relleno aislado (“Isolated Infill”) y en caso contrario muro relleno de corte (“Shear Infill”).

II.1.2 Definición de Muro y Tabique.

Se define tabique como una pared que no soporta cargas y que sirve como elemento ligero para la división de espacios dentro de la edificación.

La *definición* de “muros” para el año de 1955, según la norma del Ministerio de Obras Publicas (MOP), lo refiere como un arreglo de elementos mampuestos colocados unos sobre otros, cuyo peso propio y un material aglutinante (mortero) contrarrestaban las fuerzas inerciales generadas tras un sismo, es por esta razón que estos elementos estructurales eran también denominados “Paredes de Carga”⁶.

Actualmente, existen distintos tipos de muros atendiendo a su *función*:

- **Muro de carga:** elemento bidimensional donde las deformaciones por corte son las predominantes.
- **Muro de contención:** elemento resistente a las cargas horizontales del terreno.
- **Muro pantalla:** muro monolítico, normalmente de concreto armado, que funciona como elemento de corte.

⁶ En este sentido pudiera identificarse este tipo de mampostería como un muro no portante (“nonbearing wall”), pero por no poseer los requerimientos mínimos de resistencia del bloque y mortero será identificado como una mampostería no estructural, es decir, una tabiquería.

- **Muro Trombe:** tipo de muro de gran masa térmica empleado para calentar un edificio.
- **Muro de seguridad:** barrera con accesos restringidos que divide dos espacios o comunidades;
- **Muralla:** un muro de naturaleza defensiva, propio de castillos y fortificaciones.
- **Mampostería estructural (reforzada y no reforzada):** Paredes que presentan componentes de reforzamiento, que la hacen capaz de disipar energía proveniente de terremotos.

Por otra parte, revisando, el término “mampostería” deriva de la palabra mampuesto o “colocado con la mano”, y esta se elabora artesanalmente con elementos naturales o artificiales (fabricados), soldados con alguna sustancia aglomerante ya sea: epóxidos, morteros, etc. y *constituye un caso particular de muros.*

En este sentido la mampostería se ha diversificado en cuanto a sus posibles usos desde la condición básica de construcción informal, a formar estructuras limitadas por los códigos de construcción actuales. De aquí que podemos plantearnos a fines de este trabajo de grado como **MAMPOSTERIA FORMAL** aquella cuya elaboración está basada en los lineamientos que dictan los códigos constructivos respecto a calidad de materiales, sistemas constructivos y todos aquellos aspectos que estos regulen, según los niveles de carga requeridos.

Respecto a su *composición* elemental, se considerará como unidades básicas de construcción los bloques de concreto y arcilla (diferenciados en huecos y macizos para cada tipo de material), el mortero (arena + cemento + agua) o grouted como elementos aglutinantes y la inclusión o no de elementos de refuerzo como machones, vigas o pórticos dúctiles de concreto armado que den ciertas propiedades a la mampostería, en cuanto a rigidez, esfuerzos y deformaciones (requeridos). En este sentido la norma UBC

1997 define tres sub-categorías generales de mampostería formales: reforzada (“RM”), no-reforzada (“URM”) y pórticos rellenos (“Infill Frame”) con dichos bloques u otros materiales tales como fibras, polímeros (Mbrace) o veneer.

Estas paredes de mampostería pueden ser categorizadas como elementos primarios o secundarios. Las paredes que se consideran parte del sistema resistente a fuerzas laterales, y pueden o no aportar cargas de gravedad o servicio⁷, serán denominados elementos primarios. Las paredes que no se consideran parte del sistema de resistencia de la fuerza lateral, pero permanecen estables aportando cargas de gravedad durante la excitación sísmica, deben ser elementos secundarios⁸. (FEMA 273, 1997).

Atendiendo la necesidad de disminuir la vulnerabilidad *estructural* en el uso de esta mampostería en varios países se usan códigos pertinentes, tal es el caso que en la costa oeste de Estados Unidos donde la amenaza sísmica es importante, la FEMA han desarrollado lineamientos que citaremos más adelante.

II.1.3 Evolución de las construcciones de mampostería

El uso de la mampostería se remonta a épocas prehistóricas, donde se utilizaron piedras montadas sin aglutinantes, unas sobre otras para construir refugios, para luego pasar a la utilización de los mismos, como expresión cultural de adoración y estructuras de interés militar. Podemos citar ejemplos puntuales como: el anillo de Stonehenge en Inglaterra (hace 4000 años), las Pirámides Egipcias (2500 años A.C), la gran muralla china de mas de 1500 millas, Pirámides de Yucatán y Teotihuacan en México, las paredes de piedra de Machu Picchu en Perú y el Taj Mahal en India.

⁷ Paredes diseñadas como elementos portantes o no y como paredes de corte (“bearing wall” o “nonbearing wall”+”shear wall”).

⁸ Paredes diseñadas como elementos portantes o no y (“bearing wall” o “nonbearing wall”).

Posteriormente, en Roma se inventó el mortero de cemento y cal, donde se construyen arcos bóvedas y cúpulas de mampostería. Luego del siglo V, por varios siglos se interrumpen los avances de la tecnología de la mampostería, dejando de fabricar ladrillos, los morteros de cemento y cal desaparecen.

En el siglo XII se empiezan a construir arcos góticos y bóvedas que posibilitan cubrir grandes luces. Los muros se hacen más esbeltos y se les colocan contrafuertes. Más adelante en el siglo XVIII con la revolución industrial se empiezan a elaborar ladrillos de arcilla en grandes fábricas, en las cuales poco a poco se fueron perfeccionando los hornos utilizados. A partir del siglo XVIII al XXI se ha venido utilizando la mampostería como elemento primario para la construcción de edificios, haciéndolos cada vez más altos en función a los desarrollos obtenidos en la tecnología del reforzamiento.

Dicha evolución de la utilidad ha venido sujeta al desarrollo de las *tecnologías de sus materiales*, pasando por el simple apilamiento de piedras (como unidad mampuesta) con o sin aglutinante, la utilización de barro⁹ secado al sol como sustituto y la utilización de moldes para la fabricación de los mismos de forma masiva, hasta llegar a la variedad actual de materiales y formas de las unidades de mampostería; así como de las sustancias cementantes que las mantienen unidas, destacándose el cemento Portland como insumo primordial en el mejoramiento de sus propiedades mecánicas.

Antiguamente las construcciones se hacían en mampostería, pero simplemente se basaba en resultados experimentales sobre construcciones hechas anteriormente, pero al carecer completamente de estudios teóricos o ensayo alguno, se obtenían construcciones de dimensiones muy exageradas. A fines de 1800, se construyeron edificios de mampostería de 16 pisos de altura, pero el material estructural ocupaba en

⁹ También usado Adobe

la base era del 25% del área total, por lo que no era competitivo en cuanto a *costos*. (Ref. 3).

El problema del sobredimensionamiento no radicaba en la calidad de los materiales empleados en si mismo, sino en el desconocimiento que se tenía hasta ese entonces de sus propiedades mecánicas individuales (unidades de mampostería, aglutinantes, etc.) y en conjunto (mampostería), y de esta manera poder garantizarlas con precisión. Es por ello, que tras el desarrollo de la tecnología del concreto y sus ensayos correspondientes, estos fueron extrapolados al estudio de la mampostería, comenzando así una carrera en el desarrollo y optimización tanto de los materiales como de los sistemas constructivos¹⁰, generando así una diversificación de usos, calidades y aplicación en la industria de la construcción de viviendas.

Es allí donde diversas *instituciones de investigación* han hecho grandes aportes en el “estado del arte” de la elaboración de la mampostería, como por ejemplo Conferencias Internacionales mampostería de bloques y ladrillo (“International Brick/Block Masonry Conferences”), y en América del norte (“The North American Masonry Conferences”), simposios en Canadá (“Canadian Masonry Symposia”), donde muchos de estos trabajo fueron direccionados hacia la medición de las características de esfuerzos y serviciabilidad bajo cargas gravitatorias y de viento, desarrollando métodos de diseño basado en los esfuerzos admisibles.

Posteriormente universidades como las de San Diego (“University of California, San Diego”), Berkeley (“University of California, Berkeley”), Chistchurch (“University of Canterbury at Chistchurch, Nueva Zelandia”) y el comité técnico coordinador de investigaciones en mampostería (“Thechnical Coordinaing Committe for Masonry Research –TCCMAR-”) han direccionado numerosos estudios hacia las características

¹⁰ Ver capítulo II.1.4 “Sistemas constructivos para vivienda de Mampostería”

de esfuerzos y deformación de componentes de mampostería reforzada bajo cargas cíclicas (sísmicas). Donde incluyeron estudios analíticos y experimentales de la respuesta sísmica de materiales de mampostería reforzada, componentes, elementos estructurales sísmicos y sistemas constructivos completos.

Atendiendo las necesidades de disminuir la vulnerabilidad en el uso de la mampostería, como se ha hecho mención anteriormente, en varios países se usan códigos constructivos pertinentes, tal es el caso de Venezuela que hasta el año 1982 la norma MOP 1955 regulaba tales diseños, pero actualmente las normas COVENIN 1756 y 1753 no establecen regulaciones al respecto. Por otro lado, existen normas, códigos y recomendaciones de construcción internacionales vigentes, como las del UBC 1997, IBC 2000 y la FEMA, entre otras; que regulan aspectos referentes a: métodos de análisis, calidad de materiales, dimensionamiento, disposición espacial de refuerzos, factores de reducción de respuesta¹¹ (factor R), entre otros aspectos.

II.1.4 Sistemas Constructivos para vivienda de mampostería

La creación de nuevos materiales y sistemas constructivos para la vivienda, ha sido y será permanente, siempre para lograr un producto que proporcione mayor confort y seguridad al usuario, mejor apariencia, durabilidad y sobre todo, a menor costo.

En Latinoamérica, se tiene conocimientos de varios tipos de sistemas constructivos, entre los cuales podemos hacer mención los referidos por fuentes mexicanas, como es el caso del ingeniero Oscar de la Torre (Ref. 22) donde menciona los siguientes:

¹¹ Tal como se evidencia en la tabla 2.2 del ATC-19 donde se incorporan los factores de reducción de respuesta sísmica presentados por el ATC, BSSC, ICBO en donde se señala la mampostería

a) Muros diafragma

Son muros contenidos dentro de trabes y columnas de un marco estructural, al que proporcionan rigidez, ante la acción de cargas laterales. Pueden ser de mampostería confinada, reforzada interiormente, no reforzada, ó de piedras naturales, y con un espesor no menor de 10 cm. (Ver figura 1)

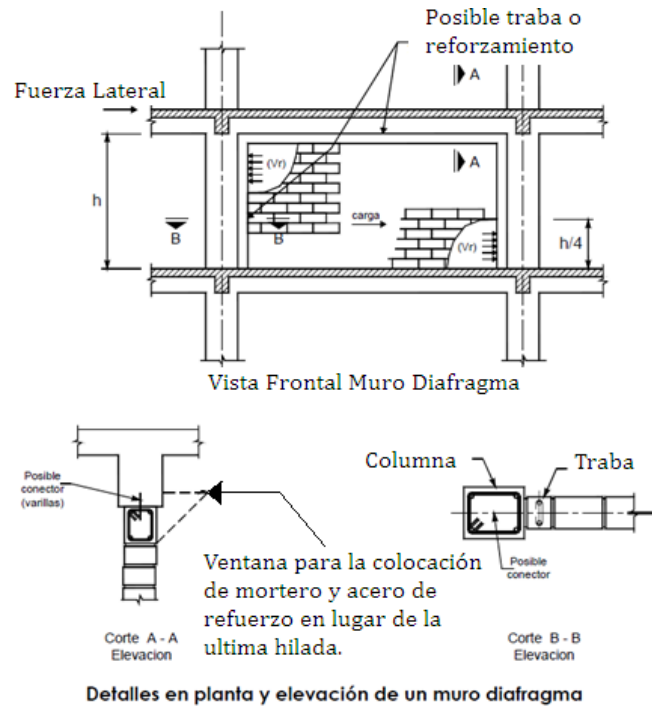


Figura 1.Muro Diafragma.Ref. 22

b) Muros confinados

Son muros reforzados con dalas y castillos¹² que cumplen con requisitos geométricos y de refuerzo, definidos en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTCM) y que se resumen en la figura 2

Existirán elementos de refuerzo (dalas y castillos), en el perímetro de todo hueco, cuya dimensión exceda de la cuarta parte de la dimensión del muro en la misma dirección.

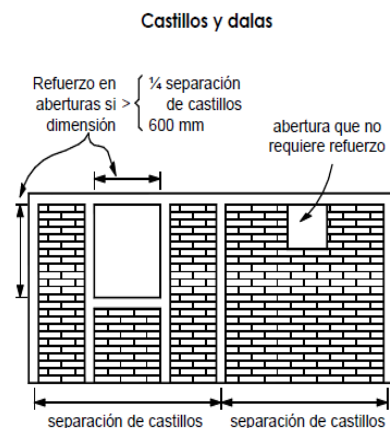
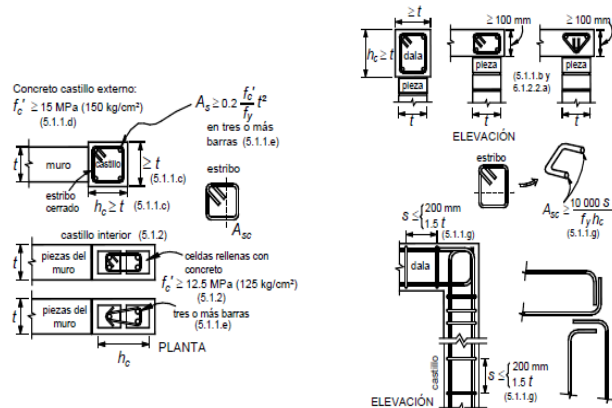


Figura 2. Muro Confinados.Ref. 22

¹² Los términos "Dalas" y "Castillos" hacen referencia en la terminología venezolana a vigas y machones.

c) Muros no reforzados

Son aquéllos que no cumplen con el acero mínimo especificado para ser incluidos en alguna de las otras tres categorías.

Con objeto de mejorar la redundancia y capacidad de deformación de la estructura, en todo muro de carga se dispondrá de refuerzo por integridad con las cuantías y características en las secciones de las NTCM¹³.

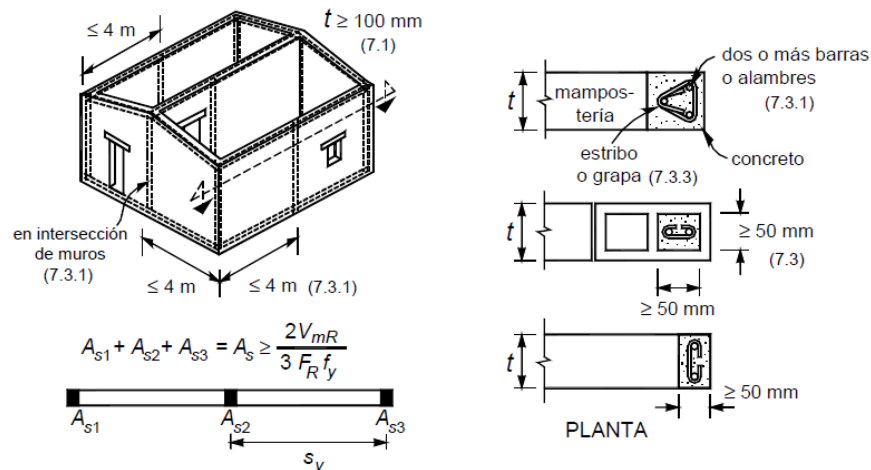


Figura 3. Muro no reforzados. Ref. 22

d) Muros reforzados interiormente

Son muros reforzados con barras ó alambres corrugados de acero, horizontales y verticales, colocados en las celdas de las piezas, en ductos ó en las juntas, y deberán cumplir con los requisitos de las NTCM (ver Fig.4) .

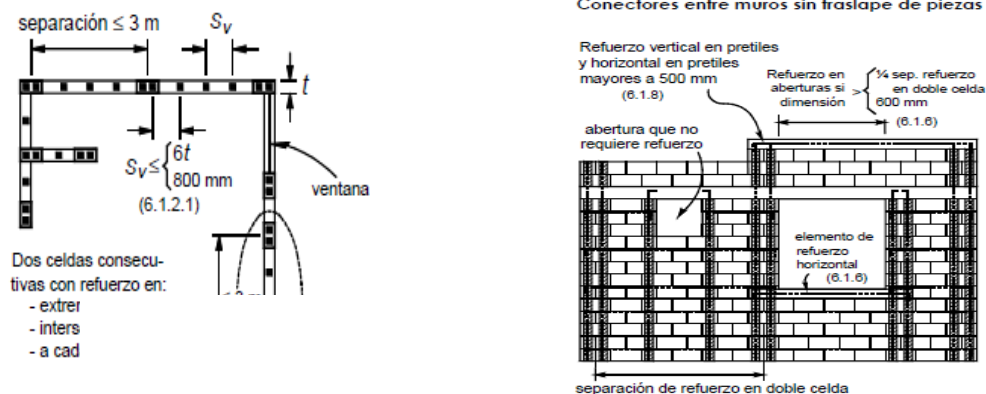


Figura 4. Muros reforzados internamente Ref. 22

¹³ La iniciales Estructuras de

II.1.5 Usos arquitectónicos de muros.

De igual manera los autores Colacce, Leao y Pastorino (Ref 22), explica las ventajas y desventajas:

Ventajas

- a) *Menores costos*: Se optimizan los costos al utilizar los muros como portantes.
- b) *Baja especialización*: Los trabajos de mampostería en general no requieren personal altamente calificado, lo cual resulta económico.
- c) *Rápida ejecución*: Se obtiene una mayor velocidad al no tener que esperar tiempos de fraguado menores que en el hormigón.
- d) *Aislamiento*: La mampostería brinda un buen aislamiento térmico y acústico.
- e) *Estética*: Las obras realizadas en mampostería son de buena calidad estética.
- f) *Durabilidad*: La mampostería (no armada) no presenta problemas de corrosión como las estructuras de hormigón armado, por lo cual se obtienen mayor durabilidad.
- g) *Resistencia al fuego*: La resistencia al fuego es mayor que con otros tipos de estructuras, tanto de hormigón armado como de madera.
- h) *Reparación y mantenimiento*: Ambos resultan simples.
- i) *Facilidad de combinar*: Resulta simple combinar la mampostería con otros materiales y elementos estructurales tales como pórticos.

Desventajas

- a) *Restricciones arquitectónicas*: En las estructuras de mampostería estructural las condiciones arquitectónicas son más restrictivas. Se necesitan ciertas condiciones de regularidad y simetría.

b) *Necesidad de combinar con otros elementos estructurales como pórticos de concreto y acero:* que permitan a la estructura dar la suficiente tenacidad para liberar energía fuera del rango elástico, ante las cargas d los terremotos.

c) *Falta de conocimiento para su correcta utilización:* Este es un punto crucial, pues existen grandes restricciones por la falta de conocimiento. Otro punto importante es que en general el ingeniero se enfrenta a proyectos ya diseñados por arquitectos, en los cuales no se tuvieron en cuenta condiciones de simetría que permitan su construcción en mampostería estructural, por lo cual se suele pasar a la clásica solución de concreto armado.

j) *Poca posibilidad de modificaciones.*

Por otro lado, *existe una necesidad de conocimiento de dichos mampuestos*, ya que los fabricantes en general no brindan buena información. Además, actualmente en Venezuela existe una posibilidad limitada de conseguir mampuestos en buen estado, que puedan suministrar resistencias adecuadas

II.2 Caracterización de la mampostería en Venezuela

II.2.1 Generalidades.

Revisando la información que se tiene disponible acerca de la mampostería estructural a la fecha, encontramos que aún el documento de referencia lo constituyen la norma sin efecto del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 1955), y de la cual citaremos aspectos importantes tal como el caso de los muros de mampostería.

En dicha norma, se regulan aspectos para el diseño de muros a base de ladrillo macizo o agujerado, reforzados con elementos como vigas, machones, jambas y estribaciones, contruidos antes del vaciado de estos elementos¹⁴, así como también,

¹⁴ Con el fin de asegurar un cierto grado de trabazón o adherencia entre ellos.

regular sus propiedades técnicas, de espesor, armadura de anclaje y otros detalles constructivos.

A partir del año 1967, se comenzó a utilizar los marcos o paredes de concreto armado donde su sollicitación principal está constituida por una compresión paralela a su plano medio o su superficie directriz, dejando sin efecto el uso de la mampostería estructural como elemento primario de resistencia a sismos; adoptando la mampostería en el diseño de edificaciones, con el calificativo de cerramientos o materiales de relleno¹⁵.

Por otra parte, actualmente la norma COVENIN 1753 no considera aspectos normativos sobre la mampostería estructural, sino de muros estructurales.

Siguiendo con la reseña histórica del diseño de la mampostería estructural en Venezuela, a continuación citamos todas las regulaciones referentes a la construcción de muros según la MOP 1955, que para efectos del código UBC se refiere a muros de carga o “bearing walls”, pero por la mala resistencia y detallado de sus componentes denominaremos como “tabiques”.

II.2.2 Muros con materiales alternativos (No sismo-resistentes)

Para esta clasificación se regulaban aspectos como: Limitaciones de uso, coeficientes de trabajo (esfuerzos admisibles), espesores, reforzamiento, entre otros; pero no se indican pruebas del prisma de la mampostería para certificar su resistencia ($f'm$), para lo cual citaremos de la norma los aspectos de interés:

¹⁵ Carentes de resistencia apropiada, debido a su escasa capacidad mecánica (MOP, 1967).

a) Muros de adobe¹⁶:

- Limitaciones de uso: el empleo de estos muros estará condicionado a un permiso previo del ministerio de obras públicas, pero en ningún modo se usarán, por razones antisísmicas, en la zona C, señaladas anteriormente.
- Coeficiente de trabajo: La compresión máxima en las paredes de adobe será de 1 kg/cm² (0,98 MPa) y la carga de ruptura por compresión de los adobes no será menor de 10 Kg / cm² (9,8 MPa).
- Espesores: El espesor de las paredes de carga no será inferior a 30 cm.
- Altura: La altura máxima de las paredes será de 4.20 metros. No se permitirá edificios de más de un piso³. ($h'/t = 14$)
- Estructuras transversales: los muros se estructurarán transversalmente y verticalmente a distancias no mayores de 14 veces su espesor, las estructuras consistirán en muros transversales de 30 cm de espesor o estribos de 60 x 60 cm, o ráfagas de concreto o de mampostería de espesor igual al del muro y ancho no inferior a 0.80 m, convenientemente endientados.
- Dinteles: los dinteles se construirán con vigas de madera, concreto armado o hierro, que abarquen todo el espesor del muro y deberán penetrar no menos de 40 cm. En las jambas.



Figura 5 Muro de Adobe Tomado de Ref. 21

b) Muros de tapia¹⁷

- Limitaciones de uso: el empleo de estos muros estará condicionado a un permiso previo del Ministerio de Obras Públicas, pero de ningún modo se usarán, por razones antisísmicas, en la zona C, mencionada anteriormente.
- Coeficiente de trabajo: la compresión máxima en las paredes de tapia no será mayor de 1 Kg/cm² (0,98 MPa).
- Espesores: El espesor de las paredes de tapia no deberá ser menor a 40 cm.
- Altura: no se permitirá edificios con paredes de tapia de más de dos pisos. La altura máxima de cada piso será de 4 metros⁵. ($h'/t=10$)
- Estructuras transversales: los muros de tapia se reforzarán con ráfagas de mampostería o de concreto ordinario, que se colocarán en

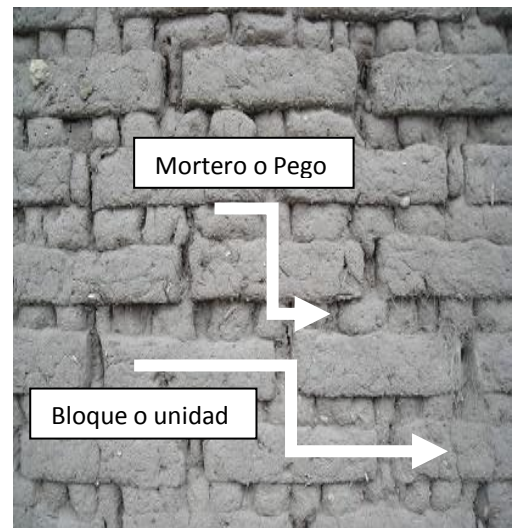


Figura 6 Muro de Tapia Tomado de Ref. 20

¹⁶ El adobe es una pieza para construcción hecha de una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja, moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. El código UBC 1997 prohíbe la utilización de este material para estructuras sismo resistente.

¹⁷ Técnica consistente en construir muros con tierra arcillosa, compactada a golpes mediante un "pisón", empleando un encofrado para formarla

las intersecciones de los muros de varga y en los puntos intermedios, de modo que la distancia de borde a borde de rafa no sea mayor de 4 metros, El espesor de la rafa será igual al del muro, y su ancho no será inferior a 0.80 m, convenientemente endientadas.

II.2.3 Muros con Materiales actualmente tipificados (con baja sismo-resistencia)

a) De Ladrillo Y Muros De Bloque (Ladrillo Macizo)

La norma regula la construcción de dos tipos de muro según el tipo de unidad (mampuesto) a utilizar definiendo Muros de ladrillo macizo y Hueco, haciendo la subdivisión de este último en dos clases Clase A Y Clase B, según la calidad de los materiales, es decir, la resistencia individual y grupal promedio a compresión pura del tipo de bloque a ensayar¹⁸, estableciendo del mismo modo los esfuerzos admisibles de dichos mampuestos denominándolos “Coeficientes de uso”.

Por otro lado, la norma MOP 1955 establecía ciertas restricciones geométricas y de diseño de la mampostería, considerando la admisibilidad de “Salientes de carga” con el objeto de recibir las cargas de otros elementos estructurales por encima de la pared.

En cuanto a las propiedades mecánicas de la mampostería, en sí, la norma solo se limitaba a fijar unos esfuerzos admisibles en estado límite de servicio en compresión, tracción por flexión y esfuerzo cortante según la resistencia del mortero y el tipo de mampuesto usado. Dichas características serán resumidas en las siguientes tablas:

¹⁸ El ensayo de compresión se realiza sobre la unidad y no sobre el murete, designando así los coeficientes de ruptura de los mismos.

Tabla 1. Características del anclaje en techos, entrepisos y machones.

Tabla 1		
TIPO		CARACTERÍSTICAS/ DIMENSIONAMIENTO
Anclaje en techos y entrepisos	Refuerzo	La sección de la armadura del machón no será inferior a 0.004 de la sección de concreto y en ningún caso inferior a 4 barras de 1 / 2". Las barras longitudinales se enlazarán con ligaduras transversales formadas por cabillas de 1/ 4" de diámetro, colocadas a distancias no mayores de 16 veces el diámetro de las barras longitudinales y nunca a más de 25 cm. Lo empalmes de refuerzo vertical se harán por soldadura o por solape de las cabillas en una longitud de 20 diámetros. ¹
	Concreto	El concreto para machones tendrá por lo menos 250Kg de cemento por m3 y una resistencia de $R_{cr28} \geq 80$ ¹⁹ kg/cm2.

Tabla 2. Características de la viga de corona.

Tabla 2			
Tipo	Componente	Distribución	Características/ Dimensionamiento
Viga de corona		La distancia entre el piso acabado y las vigas de corona del primer piso y la distancia entre dos vigas de corona, no serán mayores de 20 veces el espesor de la pared ²⁰	Todo muro de ladrillo o bloque llevara vigas de corona de no menos de 20 cm de altura y del ancho del muro y se colocara, en los siguientes casos: a) En los entrepisos de viga madera o de hierro, inmediatamente por debajo de estas. b) En los entrepisos de vigas de concreto armado, en cuyo caso quedarán enlazadas con las losas del entrepiso. c) En los techos, en donde siempre que sea posible se colocarán por debajo de las gradas o soleras.
	Refuerzo	Estarán provistas de doble armadura simétrica, cada una con una sección no inferior a 2,5 cm ² , enlazadas con estribos cerrados formados por cabillas de 1 / 4 " de diámetro a distancias no mayores de 25 cm	

¹⁹ Estos valores son inferiores a lo que exige la UBC 1997. q son de 170 Kg/cm2. Además, la NORMA COVENIN 1753 clasifica este concreto como pobre, por tener una resistencia menor a los 210 Kg/cm2, en donde este solo cumple funciones de confinamiento y no resiste cargas.

²⁰ Actualmente el reforzamiento de la pared se hace de esta manera.

Tabla 3. Características del muro.

Tabla 3								
			Muro					
Bloque	Tipo		Hueco				Macizo	
	Clase		A		B		A	
	Mortero		Cal	Cemento	Cal	Cemento	Cal	Cemento
	Características Geométricas		Si la altura de los muros es mayor de 4 metros, se aumentará el espesor de cada muro, en cada piso, en 12 cms (ancho de un ladrillo).					
“Coeficientes de trabajo” admisibles de bloques en el muro	Compresión ²¹ Kg/cm2 (psi)		7 (99,57)	8 (113,8)	7 (99,57)	1 (14,23)	3 (42,67)	4 (56,90)
	Esfuerzo cortante Kg/cm2 (psi)		9 (128,0)	1 (14,23)	0,5 (7,11)	0,7 (9,96)	0,5 (7,11)	0,7 (9,96)
	Coef. De ruptura	Medio Kg/cm2 (psi)	140 (1991,5)		80 (1138,0)		n/r ²²	
		Ind. Kg/cm2 (psi)	<80 (1138,0)		>50 (711,24)			
	Elemento de la mampostería	Tipo		Mortero			Saliente de carga	
Características		Proporción de una parte de cemento por seis de arena (1:6). Puede añadirse cal de 2% del volumen de cemento.			Pueden construirse salientes con el objeto de recibir las cargas de techos u otras partes estructurales Espesor >= 25 cm			
Otras					El vuelo máximo de estos salientes fuera del parámetro de las paredes, no será mayor que 1/3 del espesor del muro.			
Esfuerzos Admisibles en Muro	Espesores		Ver tabla 5					
	Esfuerzo cortante		n/r	n/r	n/r	n/r	0,2Rcr28	
	Tracción por flexión		<1 (14,23)	<2 (28,45)	<1 (14,23)	<2 (28,45)	0,2Rcr28	
	Compresión simple		n/r	n/r	n/r	n/r	0,2Rcr28	
Ver Figura						Nº10 y 11		

²¹ Es importante acotar la realización de este ensayo se realizaba a la unidad de mampostería y no al murete.

²² n/r = no regulado por la norma MOP1955

Tabla 4. Características del reforzamiento.

Tabla 4					
Reforzamiento					
Tipo	Subtipo	Componente	Distribución	Características/ Dimensionamiento	Ref.
Con pernos ²³					Ver Tabla N° 5
Con estribaciones ²⁴			Estribadas vertical y horizontalmente, a intervalos no mayores de 20 veces el espesor de la pared	Las estribaciones verticales pueden estar constituidas por paredes transversales, estribos especiales o refuerzo de concreto armado, machones, etc.	Ver figura 7.1 y 7.2
	Traba vertical (efectiva)	El reforzamiento varía según el espesor de la pared, presentando una distribución de los aceros diferente por caso. Para el caso cuando el espesor es mayor de 25 cm se añadirá una estribación en el centro de la pared con la configuración indicada.			
	$e^{25} > 25$ cm (se situara en el centro de la pared)	Barras horizontales y verticales	Situadas a distancias no mayores de 30 cm	$\Phi^{26} = 3/8''$ Longitud > 30 cm	Ver figura 7.1 y 9
	$e < 25$ cm (Se situará en los laterales de la pared)	Barras horizontales	Colocadas a distancias no mayores de cuatro hiladas de ladrillos.	Diámetro no inferior a $3/16''$,	Ver figura 7.2
		Barras verticales	Situadas a distancias no mayores de 50 cm	Diámetro no inferior a $1/4''$.	
	De Jamba	Barras de acero	1 @ Esquina	4 Barras de $\Phi = 3/8''$	Ver Figura 7.3
		Ligadura	Cada 25 cm	Barras de $\Phi = 3/8''$	
De esquinas		Barras En Diagonal	Formando un ángulo de 45°	Barras N° 10	Ver figura 8

²³ Para fijación al piso y al techo.

²⁴ Actualmente se siguen utilizando estos métodos para rigidizar las paredes.

²⁵ "e" Dimensión asignada al espesor de la pared.

²⁶ "Φ" Diámetro de la barra de refuerzo medida en pulgadas.

Figura 7.Reforzamiento con barras y pernas, Ref 11

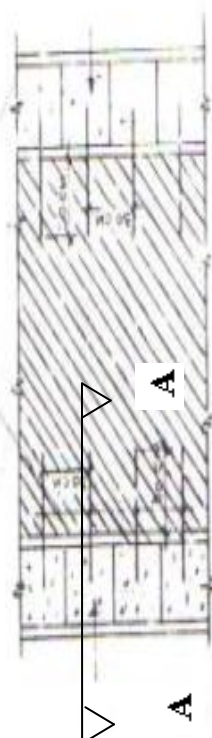
A



**Reforzamiento con barras
@ 30 cm.**

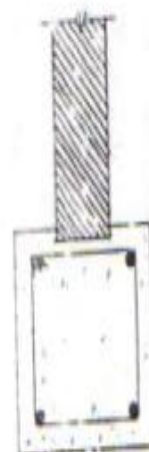
Figura 7.1

A



**Reforzamiento con pernos
@ 30 cm.**

Figura 7.2



Vista de Corte A-A



Figura 7.3

Fuente MOP 1955

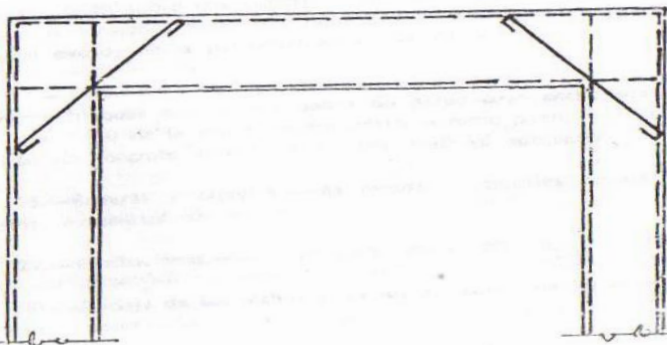


Figura 8. Reforzamiento en esquinas. Ref 11

Tabla 5. Fuerza cortante admisible en pernos

FUERZA CORTANTE ADMISIBLE EN LOS PERNOS ANCLADOS
LOS MUROS DE LADRILLOS

Diámetro de la barra en pulgadas	Longitud de empo- tramiento en cms.	Fuerza cortante en Kgs.
1/2	10	160
5/8	10	230
3/4	13	340
7/8	15	450
1	20	570
1 1/8	18	680

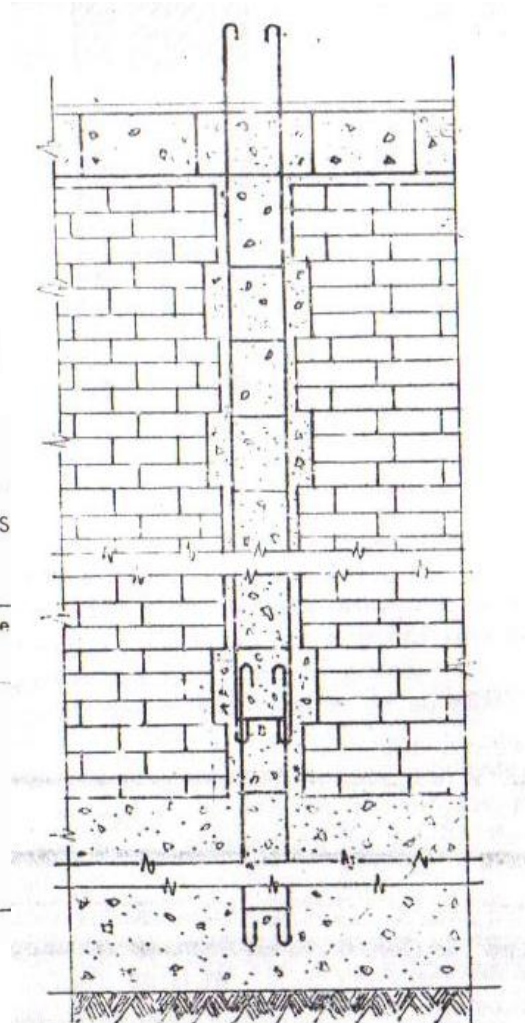


Figura 9. Machon. Ref 11

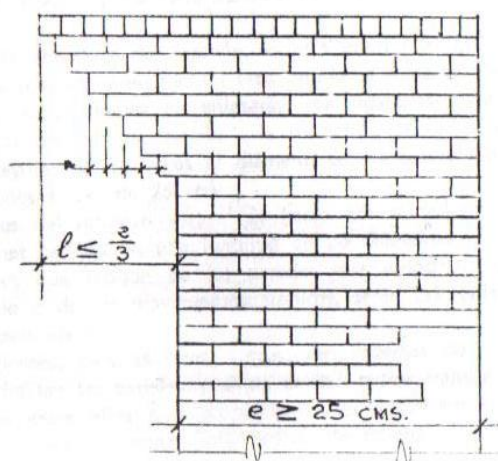


Figura 10. Saliente de Carga. Ref 11

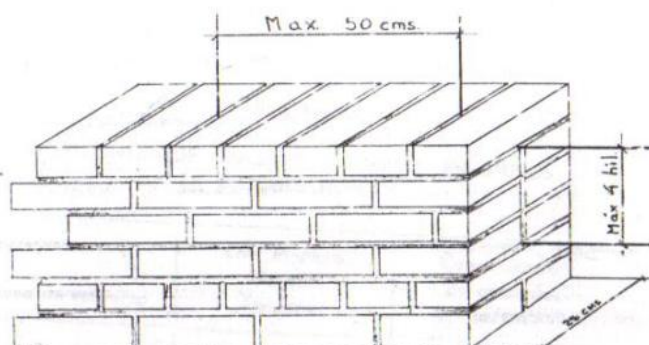


Figura 11. Separación entre bloques. Ref 11

Tabla Nº 6 Espesores mínimos de muros						
Numero de pisos del edificio	Espesores de los muros de carga ²⁷					
	Espesores mínimos en cada piso, en cms.					
	1	2	3	4	5	6
1	25					
2	25	25				
3	30	25	25			
4	51	30	25	25		
5	51	51	30	30	25	
6	64	51	51	51	30	25

II.2.4 Resistencia de paredes construidas según lineamiento MOP 1955

(COMENTARIOS)

A pesar de que para la fecha, no se tenían lineamientos que buscarán caracterizar la resistencia de los muretes, como requisito de garantía de calidad de los materiales, se puede estimar su valor a través de las correlaciones planteadas por la UBC para valores de compresión de murete esperado según el esfuerzo a compresión de la unidad, información que si se disponía por la referida norma venezolana.

Partiendo del conocimiento del esfuerzo a compresión admisible (denominado coeficiente admisible)de una unidad de mampostería diseñada bajos los estatutos de la MOP 1955, para el caso mas favorable de una mampostería construida con bloque hueco con mortero de cemento podemos asignarle a este esfuerzo admisible a compresión (F_a) un valor de 0,71 MPa.

Tras conocer que el valor de F_a y sabiendo que el valor de f'_m es igual al 28 % del esfuerzo promedio a compresión del murete (según lineamientos de la UBC), podemos deducir el valor de f'_m de un murete elaborados con dichas unidades, obteniendo un valor de 2,55 MPa (355 psi), lo que lo clasificaría según FEMA, como una mampostera

²⁷ La norma lo identifica como muros portantes ("bearing wall").

No reforzada (URM) pobre, ya que este valor es cercano al valor máximo de la mampostería pobre de 2,09 MPa (300 psi)

En vista de lo dicho anteriormente, podemos asumir que las edificaciones construidos bajos estos lineamiento en el país deben ser reforzadas y no puede ser clasificada como mampostería reforzada, ni como mampostería no reforzada, sino como mampostería pobre no estructural.

II.3 Experiencias de mampostería realizada en el IMME

III.3.1 Experiencias recientes en mampostería confinada sismo-resistente. Por Enrique Castilla

La experiencia se obtuvo sobre 10 muros portantes de mampostería de bloques de arcilla perforada a escala natural, con una carga de confinamiento de 0.0, 12.5 y 25 % f'_m , considerando variables como tipo de bloque, relación de esbeltez, junta vertical vacía entre piezas, carga de gravedad y tipo de aplicación de las cargas horizontales. En este trabajo se busco estudiar 4 aspectos fundamentales, entre los cuales se pueden mencionar: a) La ductilidad de la pared, b) la perdida de rigidez, c) La capacidad de disipación de energía y verificar los limites de desplazabilidad. Para lo cual, se realizaron los siguientes estudios:

Estudio de murete: para la determinación de las propiedades mecánicas de la mampostería se prepararon 5 muretes para ser ensayados a compresión, obteniendo un f'_m promedio de 17.23 kg/cm².

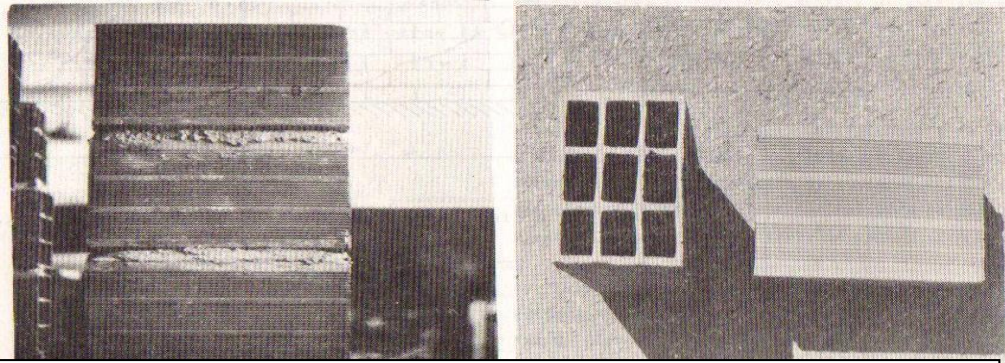


Figura 12. Murete. Ref 13

Estudio de muro: se ensayaron los muros contra ciclos de carga de desplazamientos controlados alternantes y crecientes, monitoreando la carga lateral vs. Desplazamiento lateral en el tope de la pared.



Figura 13. Muro. Ref 13

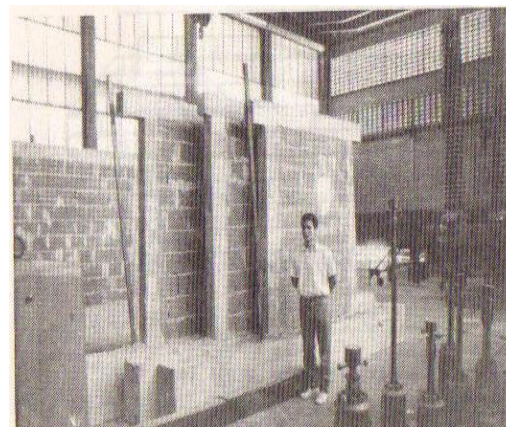


Figura 14. Muro. Ref 13

Finalmente, se obtuvieron las siguientes Entre las conclusiones y observaciones más importantes, mencionaremos las siguientes:

- a) Las mamposterías no desarrollaron ductilidad

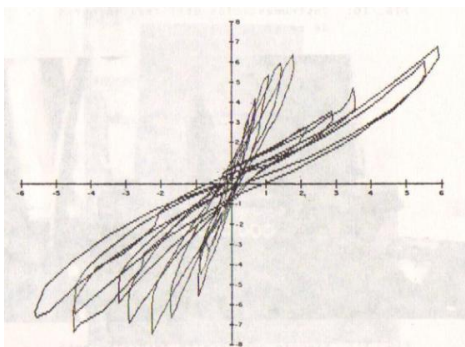


Figura 15. Curva Histéresis. Ref 13

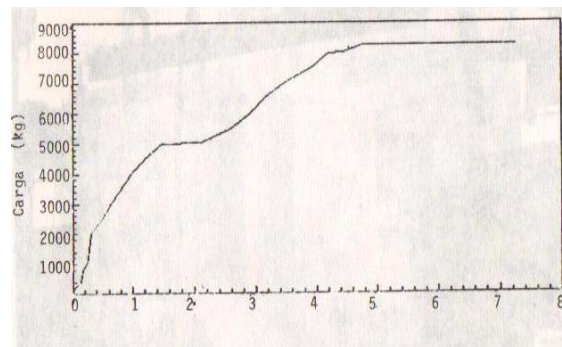


Figura 16. Curva Esf-Def. Ref 13

- b) No se recomienda usar la inelasticidad con fines sismo-resistente.
- c) La máxima capacidad resistente de los muros confinado puede ser simplificada para diseño según la expresión $V_m = 2.72 f' m + 1.44e$
- d) Fuerzas gravitacionales correspondiente a esfuerzos compresores de $0.25 f' m$ demostraron generar agotamiento muy frágiles cuando se sometieron los muros a carga lateral alternamente.

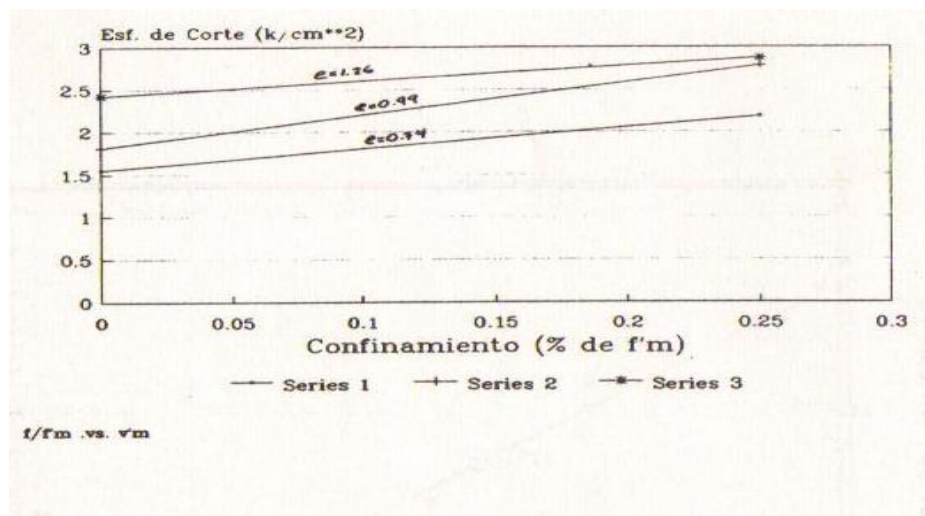


Figura 17. Variación de Esf de Corte por esbeltez. Ref 13

- e) Demostraron que independientemente de la relación de esbeltez, la falla de las paredes está condicionada a un agrietamiento de 45° y no correspondiente a la inclinación del diagonal.



FIG. 20: Agotamiento de muro

Figura 19. Deslizamiento de Juntas. Ref 13

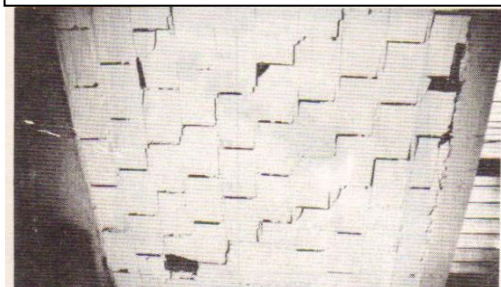


Figura 18. Daño en Pared ensayada. Ref 13

- f) La capacidad resistente del murete, aportada por la junta del mortero, varía en función de la dirección de la carga respecto a la dirección de esta.

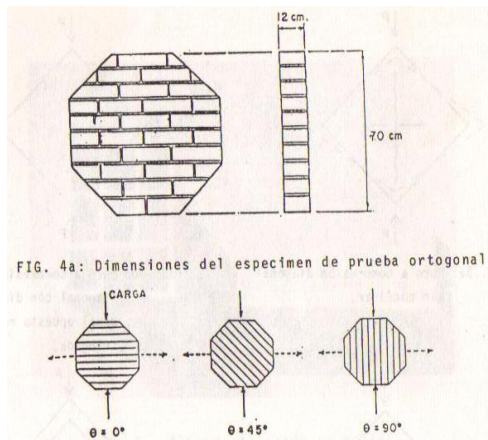
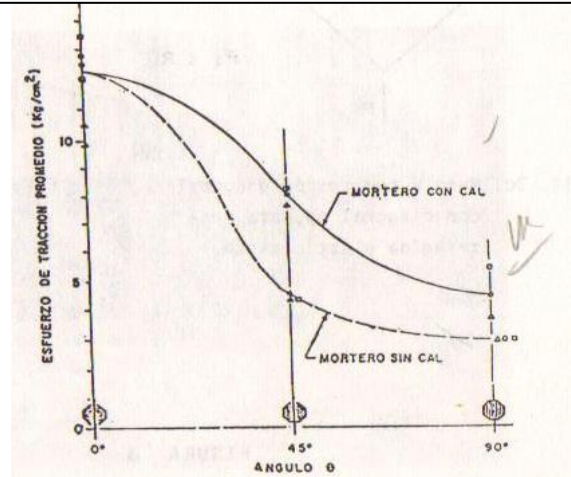


Figura 20. Variación en dirección de Carga. Ref 13

Figura 21. Esfuerzo de tracción en junta. Ref 13



- g) El modulo cortante de la mampostería disminuye progresivamente se van desarrollando los ciclos elásticos e inelásticos.

II.3.2 Análisis de muros de mampostería compuestos actuando como muros de corte. Por Eugenio Pollner.

El presente trató de muros de mampostería reforzados²⁸, constituidos por pórticos rellenos con paneles o paredes de mampostería de bloques de concreto de 20x20x40cm. El objetivo específico de esta investigación fue analizar mediante modelos matemáticos (teóricos) y

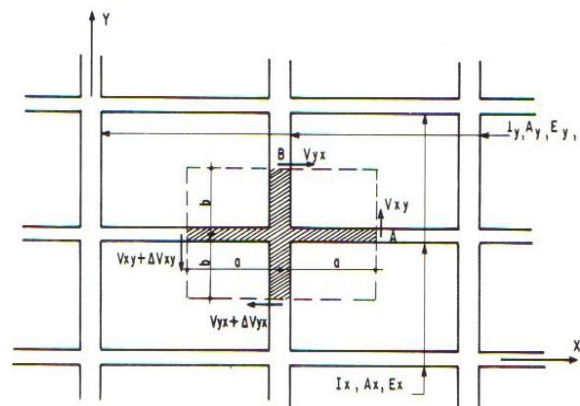


Figura 22. Junta Mortero- Bloque. Ref 15

²⁸ Es importante aclarar que para la fecha ya otros autores identifican este tipo de mampostería como un "infill frame" y no una mampostería reforzada, debido al incumplimiento de las resistencias requeridas tanto del mortero, los bloques como del murete.

experimental de muros compuestos, actuando como muros de corte, a fin de determinar su rigidez y los esfuerzos de ambos componentes (pórtico y mampostería).

En los trabajos realizados hasta ese momento sobre este tema, se adoptaban algunas idealizaciones como: (a) se asume que el material de los paneles de relleno es isotrópico, así como (b) se reemplaza el panel a los efectos de análisis por una diagonal equivalente, cuya rigidez es función de la rigidez de los pórticos, del espesor y modulo de elasticidad de los paneles.

El muro fue sometido a una compresión vertical, para simular las cargas verticales que corresponden a la base del muro²⁹. Las cargas horizontales fueron aplicadas en el tope, como resultante de una compresión diagonal y una fuerza vertical aplicadas en uno de los vértices, por medio de gatos hidráulicos, según se puede observar en la fig. 3.

El modelo fue ensayado bajo distintos niveles de carga horizontal, y en tres diferentes condiciones, representadas en la fig. 23 (a) Muro con paneles de relleno en todos los paños (fig. 23.a), (b) eliminando el relleno de uno de los paños del modelo anterior (fig. 23.b), (c) eliminando un segundo panel de relleno del modelo anterior (fig. 23.c)³⁰

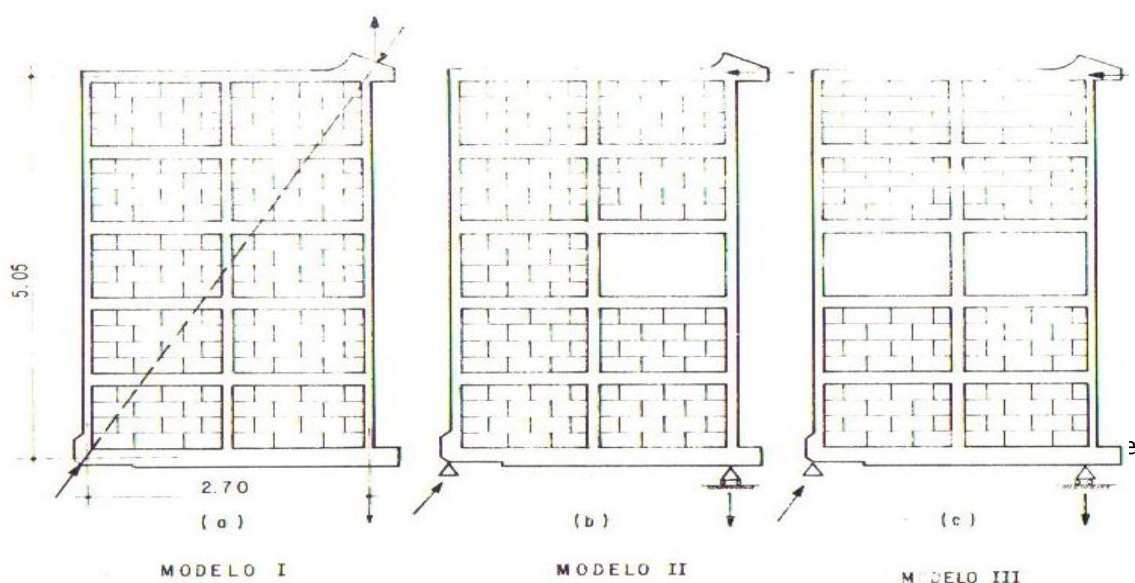


Figura 23. Modelos a ensayar. Ref 15

En la fig. 24 y fig. 25 se representan algunos de los resultados de los ensayos, en relación a las deflexiones registradas.

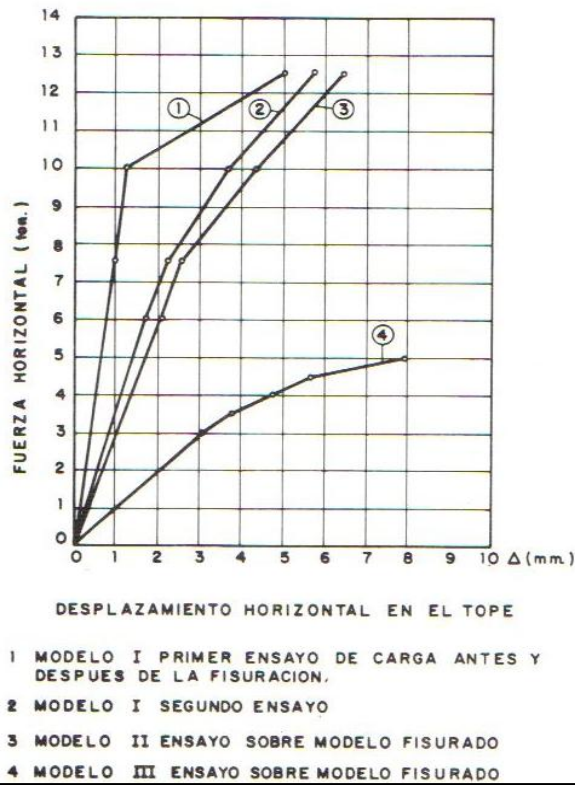


Figura 24. Deriva de modelos. Ref 15

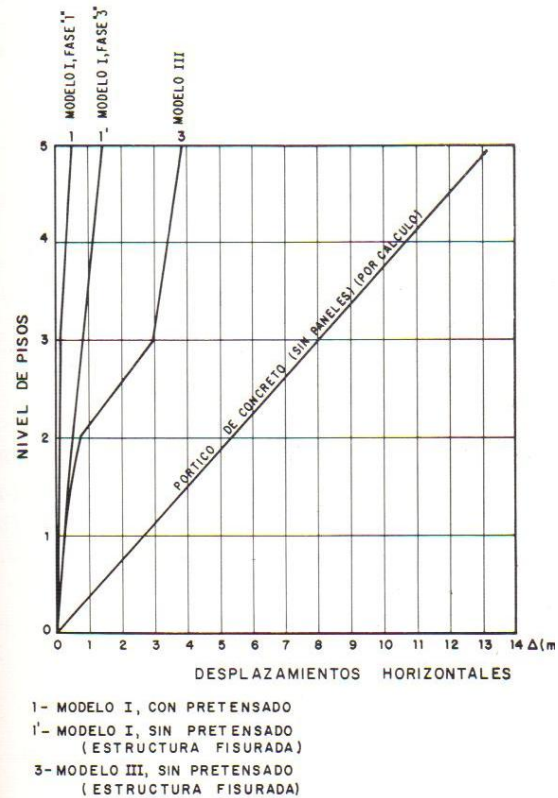


Figura 25. Variación por nivel. Ref 15

En la fig. 25 se observa claramente la influencia de los paneles de relleno en la rigidez de la estructura³¹. El diagrama 4, que indica los desplazamientos de la estructura del pórtico correspondiente al modelo, sin paneles de relleno, que fue obtenido por el cálculo teórico, pone en evidencia la influencia importante de los paneles de mampostería en las deflexiones³².

³¹ Se observa que para la curva 1, 2 y 3 hay pérdida de rigidez pero la resistencia horizontal son similares o iguales. En donde la curva 3 hay una gran pérdida de rigidez.

³² Esto concuerda con las restricciones existentes para mampostería rellena ("infill frame") al no permitir la existencia de algún tipo de perforación o agujeramiento en esta, ya que modifica de manera pronunciada la rigidez de la misma.

II.3.3 Análisis de ensayos típicos en mampostería utilizando el método de los elementos finitos. Por Marianela Lafuente y Carlos Genatios.

En este trabajo se presentó un análisis en elementos finitos de los ensayos típicos tanto de la mampostería bajo cargas horizontales y verticales, así como del ensayo a compresión de murete, a través de la utilización de un programa lineal. Se estudio la influencia de los diferentes variables como: (a) tipos de materiales presentes, (b) espesor del mortero, (c) geometría del espécimen y (d) del confinamiento. Para lo cual se realizaron los siguientes estudios:

Comportamiento del murete: en dicho estudio se ensayaron prismas formados por pilas de piezas de mampostería separados por una o más juntas de mortero (Ver fig. 1), analizando distintos casos, en los cuales se variaba: (a) el modulo de Poisson de los materiales, (b) la relación N entre los módulos de elasticidad de la pieza (E_p) y del mortero (E_m) $N = E_p /$

E_m y (c) la relación M entre el espesor de la junta de mortero (i) y la altura de la pieza de mampostería (H) $M = i / H$.

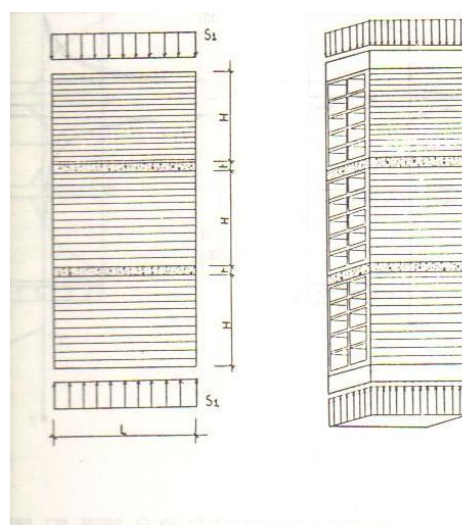


Figura 26. Modelación de Murete. Ref 24.

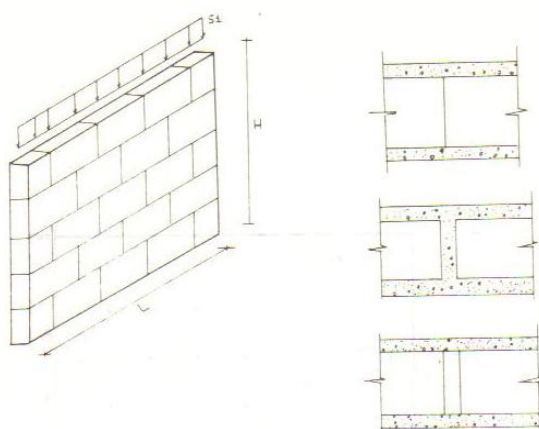


Figura 27. Modelación de Muro. Ref 24

Comportamiento del muro: para completar el análisis realizado, se estudiaron muretes de esbelteces comprendidas entre 0.675 y 1.13 sometidos a compresión (fig.27). Se evaluó el efecto de la presencia o no del mortero en la junta vertical. Las

piezas modeladas fueron de 30x30x10 (medidas en cm)

Comportamiento de la mampostería bajo solicitaciones cortantes: La fig. 28 muestra la distribución típica de esfuerzos obtenida sobre el cuadrante superior izquierda del modelo, cuando no se aplica confinamiento sobre los bloques extremos de la pila. Las flechas con las puntas hacia adentro indican compresión y con las puntas hacia afuera, tracción. Se puede observar que la zona central de la

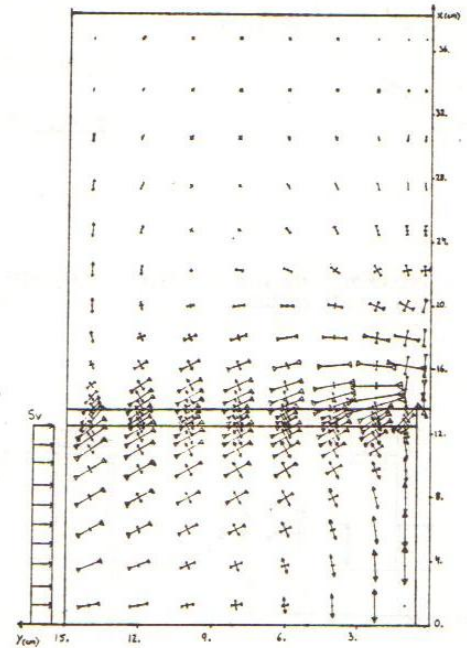


Figura 28. Esfuerzos en muro. Ref 24

junta de mortero se encuentra en un estado de corte puro. Nótese también la presencia de grandes tracciones en la pieza intermedia, en las vecindades de la junta vertical vacía. La zona crítica, en la junta horizontal es la zona cercana a esta junta

Comportamiento de la mampostería a tracción diagonal: Se analizó un conjunto de muretes sometidos a tracción diagonal, variándose la esbeltez, la disposición de las juntas verticales, las relaciones de rigidez de los materiales (N) y el espesor de las juntas.

Entre las observaciones más importantes, mencionaremos las siguientes:

- a) Los resultados obtenidos, en cuanto a las tensiones transversales máximas, fueron idénticos para los especímenes formados por 3 y 4 piezas³³.

³³ Es importante hacer notar que la norma colombiana de mampostería estructural especifica unos factores de corrección por esbeltez del murete, particularmente para los casos expresado de 3 y 4 bloques, la norma amplifica la resistencia a compresión del murete un 7 a un 14 % respectivamente.

b) Los esfuerzos de compresión y tracción máximos no variaron apreciablemente para valores del modulo de Poisson comprendidos entre 0.15 y 0.3. Las figuras 2 y 3 muestran los perfiles de esfuerzos obtenidos para distintos valores de N.

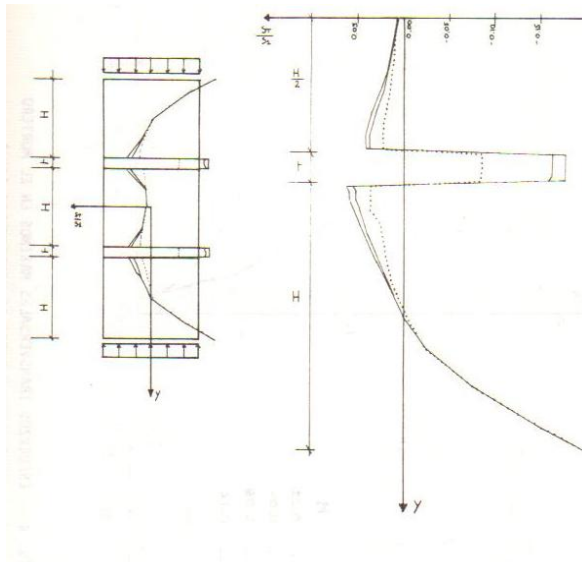


Figura 29. Esfuerzos de Compresión. Ref 24

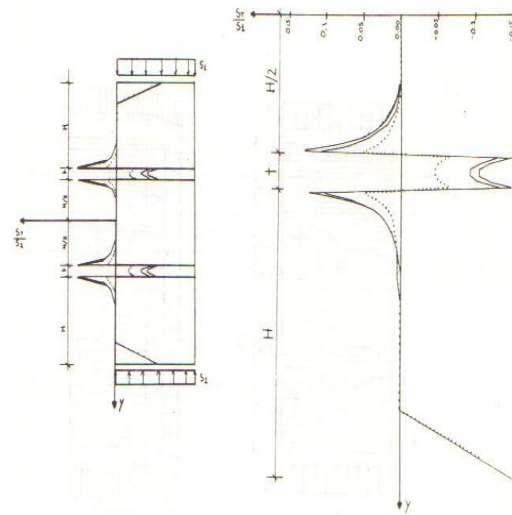


Figura 30. Esfuerzos de Tracción. Ref 24

Como se observa, los esfuerzos máximos de tracción en la pieza se incrementan de forma importante con el aumento de N^{34} . Estas variaciones son más notorias cuanto mayor es la relación M.

La figura 4 muestra los esfuerzos máximos transversales obtenidos en el mortero y en la pieza para los casos analizados.

c) Como en el caso de la pila, se observó que un aumento de la flexibilidad relativa de la junta horizontal (aumento de N y/o M) disminuye la resistencia a compresión del

³⁴ Esta tendencia resulta consistente con los lineamientos de normas internacionales donde regula que la resistencia a compresión del mortero debe ser mayor a la del bloque, ya que el modulo de elasticidad de cada material dependerá de dicha resistencia. Para el caso de la norma colombiana se fija la f' mortero 1.25 veces la f' mampostería.

espécimen³⁵. Sin embargo, los esfuerzos transversales de tracción son menores en los muros que en los prismas, lo que indica que la resistencia de los prismas subestima la resistencia de un muro a compresión³⁶.

d) La ausencia de mortero en las juntas verticales provoca concentraciones de esfuerzo muy acentuados, que podrían acelerar la falla del muro. Sin embargo, los esfuerzos de tracción máxima no varían mucho con respecto a los muretes donde las juntas verticales están llenas de mortero³⁷.

e) La presencia del “friso” se evaluó modelando hileras horizontales continuas de mampostería. Esto hace que la distribución de esfuerzos sea mas homogénea, minimizando el efecto de la discontinuidades producidas por la presencia de juntas verticales.

f) Un aumento del confinamiento contribuye a aumentar la resistencia a corte de la pila, porque disminuye los esfuerzos tangenciales absorbidos por la junta. Sin embargo, cuando el bloque es muy rígido respecto al mortero (valor de N mayores que 6) el efecto del confinamiento pierde importancia.

g) La distribución de los esfuerzos cortantes sobre la junta es más o menos constante en una zona central, y se acerca al valor promedio de donde aplicado(τ_{xy}) Los valores máximos se producen en el extremo de la junta de mortero hacia el centro de la pila y son mayores que τ_{xy}

Conf.	M = 2% e = 0,5 cm		M = 4% e = 1,00 cm		M = 6% e = 1,5 cm	
	N = 2	N = 15	N = 2	N = 15	N = 2	N = 15
0	1,88	1,22	1,61	1,07	1,62	0,91
1	1,67	1,18	1,49	1,10	1,41	1,01
2	1,46	1,14	1,33	1,11	1,29	1,01

Tabla 7, Valores de τ_{xy} máximos. Ref 24

Valores de τ_{xy} máximos
τ_{xy}

³⁵ Esta tendencia se debe a la disminución intrínseca del aporte de resistencia del mortero, como elemento aglutinante y conector de los elementos mampuestos, impuesta con la disminución del modulo de elasticidad.

³⁶ Esta afirmación no es definitivamente concluyente, ya que se están omitiendo aspectos importantes en el cálculo de la resistencia tanto del murete como del muro, en cuanto al efecto de esbeltez implicado para cada caso, referidos en notas anteriores.

³⁷ Dicho comportamiento se debe enmarcar en el análisis bajo cargas horizontales solamente.

en proporciones que varían según el confinamiento aplicado y la mayor o menor flexibilidad de la junta (Ver tabla 7)

h) Del análisis se concluyó que las juntas verticales vacías son perjudiciales porque provocan concentraciones de esfuerzos que pueden condicionar la falla del murete. Aun cuando las juntas están llenas, las diferencias de rigidez de los materiales provocan un incremento importante de los esfuerzos máximos de tracción con respecto al caso de un muro homogéneo (Ver fig. 32). Las figuras 31 y 32 muestran los resultados obtenidos para un murete de esbeltez 0.55.

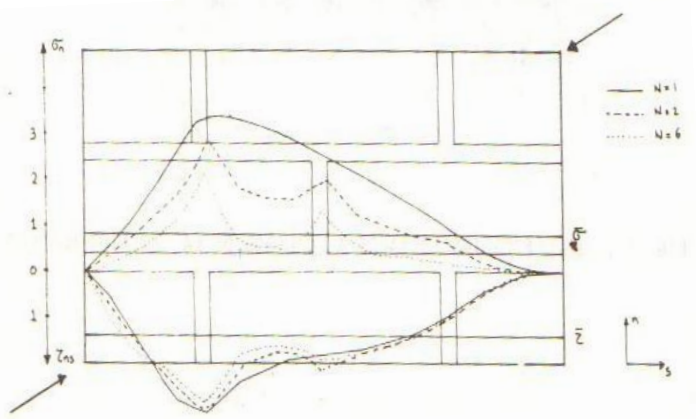


Figura 31. Esfuerzos normales y tangenciales. Ref 24

transversal del murete.

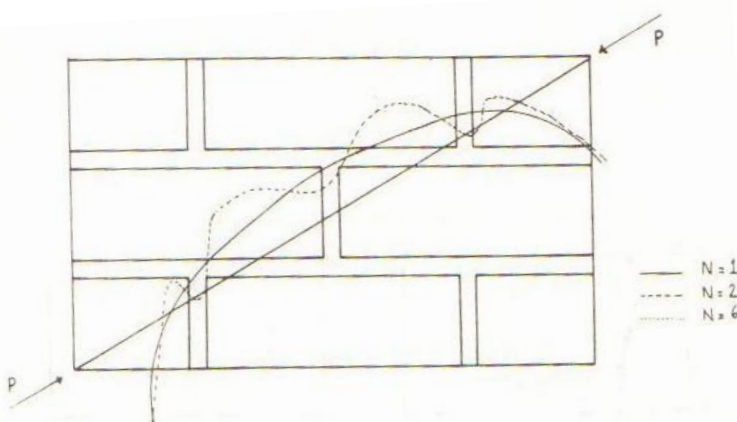


Figura 32. Esfuerzo en diagonal. Ref 24.

En la fig. 31 se han graficado los esfuerzos normales y tangenciales sobre la junta, para distintos valores de N. Se indican los valores de los esfuerzos promedios, calculados en base a lo componentes horizontal y vertical de la carga aplicada y del área

Se observa, en primer lugar, que los esfuerzos se concentran sobre la diagonal de aplicación de la carga se compresión, donde ocurren los valores máximos de esfuerzos sobre la junta. En las zonas alejadas de esta diagonal, los esfuerzos son

menores a los esfuerzos promedio. En segundo lugar, puede apreciarse que un incremento de la relación N provoca una disminución apreciable de los esfuerzos normales sobre la junta, mientras que los esfuerzos tangenciales no se alteran de manera importante.

i) De este estudio se desprende que la resistencia a corte de un muro depende entre otros factores, de su esbeltez, ya que está condiciona el ancho de la diagonal de trabajo del muro, siendo a su vez determinante en al forma en que se distribuyen los esfuerzos normales y tangenciales sobre la junta.

Las conclusiones del trabajo de Marianela Lafuente y Carlos Genatios se muestran a continuación:

1. En el pasado, con el objetivo de simplificar su análisis, se ha considerado la mampostería como un material homogéneo. Este trabajo indica que es importante la consideración de variables que se muestran influyentes en su comportamiento: las diferencias de rigidez de los materiales que la componen, el espesor de la juntas de mortero y al presencia de juntas verticales que inducen concentraciones de esfuerzos que pueden condicionar la falla de los muros.
2. Un aumento en la flexibilidad de las juntas horizontales (relativo de las piezas) provoca una disminución de la resistencia a la compresión, a la tracción diagonal y al corte de mampostería.
3. El ensayo de prismas proporciona resultados conservadores para estimar la capacidad a compresión simple de muros de mampostería.
4. El efecto de confinamiento, como factor “benéfico” para incrementar la resistencia al corte disminuye para altos valores de N . Mostrando la siguiente tendencia:

Tabla 8. Comportamiento Mortero por variación de Rigidez relativa			
Mecanismos de Falla	Incremento de la Rigidez Relativa	Incremento de la Esbeltez Relativa	Presencia de juntas verticales vacías
Resistencia a la Compresión	Disminuye	Disminuye	
Resistencia al Corte	Disminuye	Disminuye	Disminuye

5. La esbeltez del muro condiciona el ancho de su diagonal de trabajo y la distribución de esfuerzos normales sobre la junta de mortero. Es conveniente, para evaluar su resistencia al corte, tomar en cuenta el ancho de esta diagonal de trabajo, que en este caso puede determinarse a través de un análisis utilizando el método de los elementos finitos.

II.3.4 Cuantificación de la influencia del comportamiento en la adherencia a corte bloque-mortero para bloques de arcilla. Trabajo especial de grado de B. Díaz y M.Figueroa, bajo la tutoría del ingeniero Carlos Genatios.

En este trabajo se busco ampliar el conocimiento respecto al efecto del peso confinante en la adherencia de la junta bloque mortero y el aumento de la resistencia al corte del murete, evaluando propiedades geométricas, resistencia a compresión tanto del bloque como del murete.

Partiendo del ensayo a un espécimen particular propuesto originalmente por Polyakov, extraído del

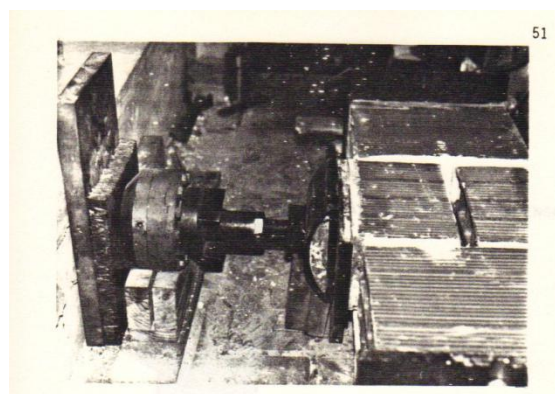


Figura 33. Ensayo de murete. Ref 25

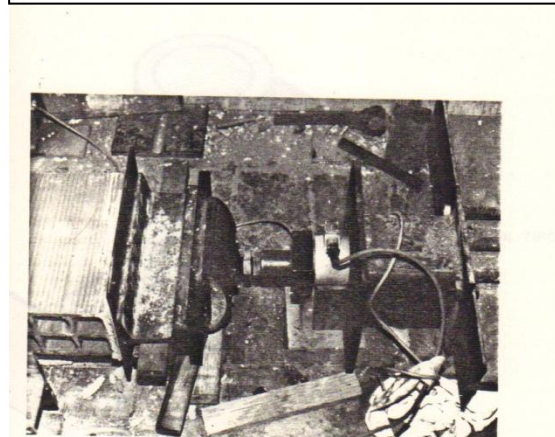
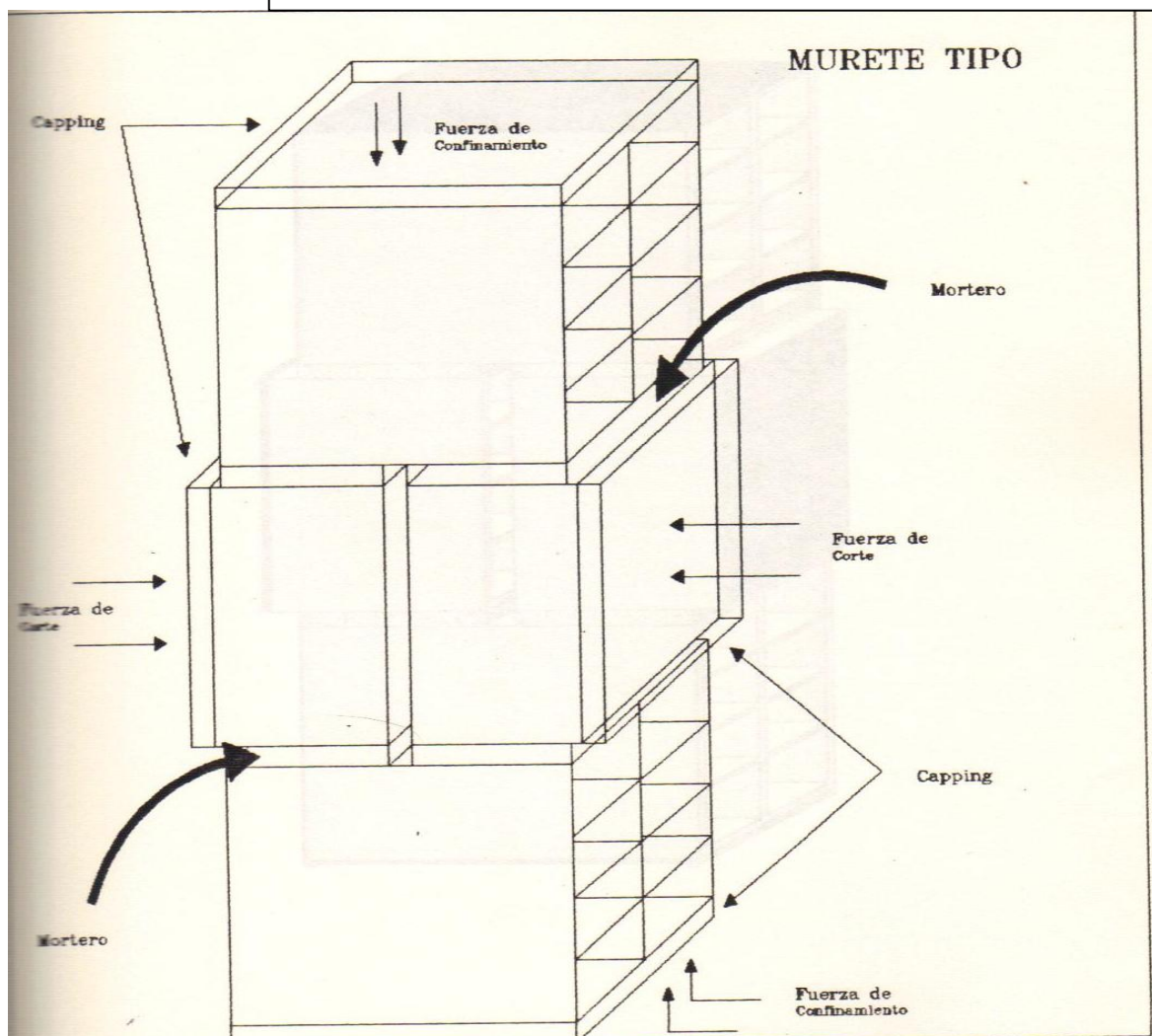


Figura 34. Ensayo de murete. Ref 25.

referencia mexicanas ³⁸, libro “Propiedades mecánicas de la Mampostería” se ensayaron bloques de 10, 12 y 15 cm de espesor y muretes con dichas unidades, verificando su resistencia al corte y compresión (f'm) bajo diferentes niveles de confinamiento, Obteniendo así los resultados y conclusiones siguientes:

- a) No este un adecuado control de calidad en la producción de bloques de arcilla en Venezuela.

Figura 35. Esquema de Colocación de Piezas en Murete. Ref 25



- b) La norma COVENIN donde se establecen las propiedades mínimas y clasificación de los bloques de arcilla, no es lo suficientemente explícita y resulta insuficiente para las necesidades de proyectos como el de “mampostería estructural” ya

³⁸ Extraído del libro “Propiedades Mecánicas de la Mampostería” del Instituto de Ingeniería UNAM, México (Ver referencias del estudio)

que no establece ensayos o pruebas tipo para garantizar la calidad, ni abarca el ámbito constructivo con dichas piezas.

c) La resistencia a la compresión en la dirección perpendicular a las celdas en los bloques depende de: 1) la calidad del bloque, la esbeltez de las paredes de las celdas, 2) el número de paredes resistentes y espesor y 3) el grado de restricción que ofrecen las paredes horizontales al pandeo.

Figura 36. Esfuerzos de compresión en Bloques Ref 25

Figura 37. Esfuerzos de compresión en Murete Ref 25

ENSAYOS DE COMPRESION DE BLOQUES

ESPESOR (cms)	BLOQUE #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
15	1	13.500	142,47	30,45
	2	12.300	129,80	27,74
	3	13.050	137,72	29,44
	MEDIA	12.950	136,66	29,29
	DESV ()	606,22	6,400	1,369
	C.V.	4,68%	4,68%	4,68%

ESPESOR (cms)	BLOQUE #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
12	1	9.550	118,12	26,42
	2	13.925	172,23	38,52
	3	10.200	126,16	28,21
	MEDIA	11.225	138,83	31,05
	DESV ()	2.360,7	29,197	6,530
	C.V.	21%	21%	21%

ESPESOR (cms)	BLOQUE #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
10	1	5.670	95,04	19,97
	2	8.600	144,15	30,29
	3	8.250	138,28	29,06
	MEDIA	7.507	125,82	26,44
	DESV ()	1.600,2	26,820	5,636
	C.V.	21,3%	21,3%	21,3%

ENSAYOS DE COMPRESION DE MURETES.

ESPESOR (cms)	MUESTRA #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
15	1	6.990	73,77	15,77
	2	6.130	64,69	13,83
	3	6.000	63,32	13,53
	MEDIA	6.373	67,25	14,37

ESPESOR (cms)	MUESTRA #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
12	1	3.740	46,26	10,35
	2	2.870	35,50	7,94
	3	4.380	54,17	12,12
	MEDIA	3.663	45,31	10,13

ESPESOR (cms)	MUESTRA #	CARGA ULT. (Kgs)	COMP. NETO (Kgs/cm ²)	COMP. BRUTO (Kgs/cm ²)
10	1	2.720	45,59	9,58
	2	3.040	50,96	10,71
	3	1.890	31,68	6,66
	MEDIA	2.550	42,74	8,98

- d) La alta dispersión en los resultados puede ser producto de: 1) las características elásticas de las piezas que forman la mampostería, 2) el poco o ningún control de calidad en la fabricación de los bloques de arcilla, 3) la carencia de una normativa que regule el proceso constructivo y 4) el factor mano de obra.

Figura 38. Confinamiento. Ref 25

CONFINAMIENTOS

MURETES CON ESPESOR: 15 CMS. $f'm = 6.373$ Kgs.

0.15 f'm	956 Kgs
0.45 f'm	2.868 Kgs
0.60 f'm	3.824 Kgs
0.80 f'm	5.099 Kgs

MURETES CON ESPESOR: 12 CMS. $f'm = 3.663$ Kgs.

0.15 f'm	550 kgs
0.45 f'm	1.649 Kgs
0.60 f'm	2.198 Kgs
0.80 f'm	2.931 Kgs

MURETES CON ESPESOR: 10 CMS. $f'm = 2.550$ Kgs.

0.15 f'm	383 Kgs
0.45 f'm	1.148 Kgs
0.60 f'm	1.530 Kgs
0.80 f'm	2.040 Kgs

Figura 39. Ensayos de Corte. Ref 25

ENSAYOS DE CORTE

ESPESOR: 15 cms. MORTERO: BARRIO. CONFINAMIENTO: 0.15 f'm

MUESTRA #	CARGA ULT (KGS)	A. NETA (CM2)	A. BRUTA (CM2)	σ ULT. A. NETA	σ ULT. A. BRUTA
1	127.198	94.76	408.780	1.342	0.311
2	331.699	94.76	413.322	3.500	0.803
3	254.396	94.76	398.182	2.685	0.639
4	243.335	94.76	404.238	2.568	0.602

ESPESOR: 15 cms. MORTERO: ASTM. CONFINAMIENTO: 0.15 f'm

MUESTRA #	CARGA ULT (KGS)	A. NETA (CM2)	A. BRUTA (CM2)	σ ULT. A. NETA	σ ULT. A. BRUTA
1	287.577	94.76	414.836	3.035	0.693
2	215.680	94.76	408.780	2.276	0.528
3	171.441	94.76	413.322	1.809	0.415
4	116.137	94.76	410.294	1.226	0.283

ESPESOR: 15 cms. MORTERO: BARRIO. CONFINAMIENTO: 0.45 f'm

MUESTRA #	CARGA ULT (KGS)	A. NETA (CM2)	A. BRUTA (CM2)	σ ULT. A. NETA	σ ULT. A. BRUTA
1	276.517	94.76	407.266	2.918	0.679
2	331.800	94.76	405.752	3.501	0.818
3	293.108	94.76	411.809	3.093	0.712
4	365.002	94.76	416.350	3.852	0.877
5	359.472	94.76	413.322	3.794	0.870

II.4 Comportamiento Estructural

II.4.1 Comportamiento estructural y configuración

El fin último del diseño estructural de cualquier edificación es garantizar una respuesta adecuada de esta, ante la acción de posibles fuerzas o cargas de uso a la que pudieran ser sometidas durante su vida útil. En este sentido, se ha generado una disyuntiva acerca de la incorporación o no de la mampostería en el análisis estructural.

Autores como S.B. Barnes (Ref 16) afirma que “algunos diseñadores que no están familiarizados con la respuesta real de una estructura durante los sismos, han diseñado estructura para resistirlos, pero han ignorado el efecto de los muros de relleno no soportantes pero rígidos y poco resistentes. Ellos se habrán dicho a sí mismos que estos son sólo muros de relleno y divisorios y no se tomaran en cuenta para los cálculos”³⁹

Si los muros de mampostería estructural (reforzada o no reforzada) no se aíslan de la estructura mediante juntas deslizantes, estos pudieran ser diseñados como parte integral de la estructura. En consecuencia, su localización constituía un aspecto estructural de importancia debido a la enorme rigidez de los muros con respecto a la de los marcos; es por ello, que una pequeña porción de muro situada en un lugar equivocado puede redistribuir drásticamente las cargas y cambiar el comportamiento de la estructura⁴⁰ (Ref. 16).

³⁹ Si esta mampostería es una mampostería pobre y no está anclada suficientemente a los elementos principales, como es el caso de pórticos, esta puede ignorarse, ya que la relación de los módulos de elasticidad de ambos materiales proporciona una relación de 0,7 % del modulo elástico del pórtico.

⁴⁰ Para que la mampostería se considere estructural reforzada debe cumplir con un requerimiento mínimo de f_m de 10 MPa (para el caso de bloques de concreto con perforaciones verticales y un reforzamiento de acero especificado en norma Colombiana)

II.4.2 Comportamiento mecánico de las piezas

Uno de los parámetros más importantes en el análisis estructural de una mampostería formal es la resistencia a compresión de sus piezas componentes, no solo para la caracterización de las propiedades mecánicas de la misma sino como parámetro de control de uniformidad en la construcción⁴¹.

Según **Colunga & Miranda** (Ref. 18) advierten que:

“La resistencia a compresión así determinada, no es un parámetro uniforme de calidad, ya que los resultados obtenidos en piezas de materiales o geometrías distintos no son comparables y no se relacionan en la misma forma con la resistencia que puedan tener las piezas en un elemento estructural⁴². La razón de estas diferencias estriba en que las restricciones a las deformaciones transversales, producidas por la fricción con las placas de la máquina de ensaye, introducen compresiones transversales que afectan la resistencia de las piezas. La forma en que influye esta restricción depende no sólo de la relación altura a espesor del espécimen, sino también del material de que se halla compuesta la pieza; por lo tanto, no ha sido posible encontrar un procedimiento general para estandarizar los resultados a un caso uniforme (Meli y Hernández, 1971)”.

Es por esto, que los resultados del ensayo de compresión son estrictamente comparables solo para piezas del mismo tipo, y la relación entre la resistencia a la compresión de la pieza y el comportamiento estructural del muro puede ser distinta para materiales diferentes.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que existen tres calidades de bloques de concreto sin carga de confinamiento (“Nonload-bearing masonry concret unit”), que según su grado de densidad tendrán un grado de dispersión asociado en su fabricación. Estos se pueden clasificar como: a) pesados; b) medianamente pesados y c) ligeros. Por esta razón es que los mismo autores (Ref. 18) agregan que:

“El ingeniero estructural debe estar consciente de que, por lo general, la selección del tipo de bloque de concreto, no sólo influye en el valor esperado de la resistencia a la compresión de la pieza, sino también en la dispersión de ésta. Por lo general, las fábricas que producen los bloques de concreto pesado tienen un mejor

⁴¹ Esto coincide con los lineamientos en la norma colombiana donde en su capítulo D.3.7 regula aspectos en la determinación de la resistencia a compresión de la mampostería ($f'm$) estadística, experimental y en sitio; así como parámetro de control de calidad de los materiales

⁴² Por esta razón FEMA pone a disposición diferentes métodos de caracterización de los muretes en sitio.

control de calidad y, por lo tanto, la dispersión alrededor del valor esperado de la resistencia será menor que para las otras dos calidades. En el caso particular de los bloques ligeros o livianos, por lo general su resistencia es muy baja, su control de calidad también es bajo y por lo tanto su dispersión en resistencias puede ser elevada. Así mismo, los bloques de concreto ligero suelen ser mucho más susceptibles a dañarse durante su carga y descarga durante el proceso de transporte a la obra, lo que produce un mayor desperdicio y/o el que se coloquen piezas dañadas en la mampostería”.

De la misma manera, este autor advierte que:

“La dispersión total de la resistencia a la compresión para un tipo de pieza dado, proviene de cuatro fuentes: la variación de la resistencia dentro de piezas de un mismo lote, la variación de un lote a otro de una misma fábrica, la variación de una a otra empresa, y la variación de una región a otra. Durante el diseño de estructuras de mampostería el ingeniero estructurista debe estar consciente de estas dispersiones y tomarlas en cuenta, sobre todo cuando se lleven a cabo pruebas de la resistencia a la compresión de las piezas a utilizarse en un determinado proyecto, o cuando en el diseño se utilicen valores indicativos obtenidos de ensayos experimentales realizados en piezas provenientes de otra región”.

II.4.3 Comportamiento mecánico del mortero

En cuanto al comportamiento mecánico de los morteros en la mampostería estructural, con excepción de morteros extremadamente débiles, las propiedades mecánicas que más influyen según los investigadores Colunga & Eduardo Miranda (Ref. 18) son:

a) Deformabilidad, que dependen en gran medida las deformaciones totales del elemento de mampostería y en parte a su resistencia a carga vertical⁴³.

b) Adherencia a las piezas que se genera entre el mortero y las piezas define en muchos tipos de mampostería (sobre todo en aquellos en que las piezas son muy resistentes) la resistencia por cortante del elemento.

c) Manejabilidad (trabajabilidad) adecuada para que pueda ser colocado el mortero en capas uniformes sobre las que asienten bien las piezas, evitándose concentraciones de esfuerzos y excentricidades accidentales. Por esta razón, en el

⁴³ En este sentido, se han realizado en la Facultad de ingeniería de la UCV, trabajos de grado que buscan cuantificar la influencia del confinamiento en la adherencia a corte Bloque-Mortero, como es el caso del Trabajo de Grado de los hoy ingenieros Diaz B. C. y Figueroa R. M. citado en próximos capítulos.

fraguado del mortero al igual que en la adherencia química que se desarrolla entre las piezas y el mortero, se verifica las características de retentividad de agua del mortero y de las características de absorción inicial de agua de las piezas⁴⁴ (que tanta agua intentan quitar las piezas al mortero en los primeros minutos que interactúan, por efecto de capilaridad).

II.4.4 Comportamiento mecánico de la mampostería a compresión⁴⁵

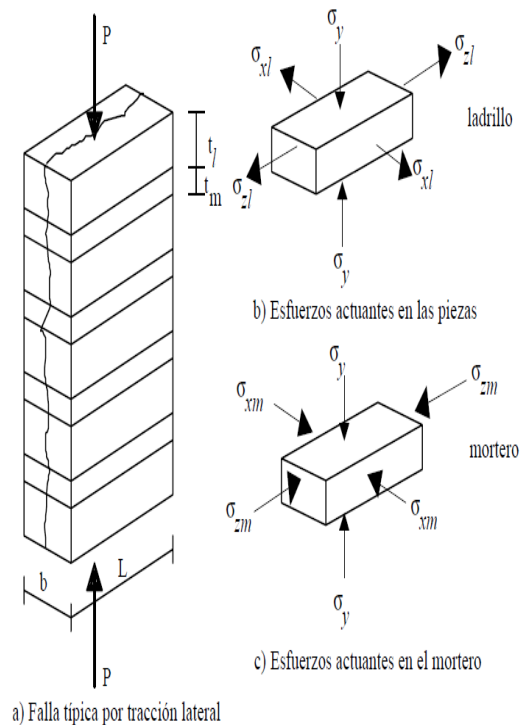


Figura 40. Ensayo de Murete. Ref 18

Investigaciones han demostrado que el comportamiento y los modos de falla de la mampostería ante cargas axiales dependen en forma importante de la interacción de piezas y mortero, donde las piezas y el mortero interactúan desarrollando un comportamiento distinto ante cargas a compresión, cuando son evaluados de forma individual. En este aspecto podemos referir el estudio realizado por Colunga & Eduardo Miranda (Ref. 18) donde concluye que, citando:

“Las piezas y el mortero tienen características esfuerzo-deformación diferentes; por tanto, al ser sometidos a un mismo esfuerzo se produce una interacción entre ambos que consiste en que el material menos deformable, las piezas en general, restringe las deformaciones transversales del material más deformable, introduciendo en él esfuerzos de compresión de dirección transversal (Fig. 40.c).

Por lo contrario, en el material menos deformable se introducen esfuerzos transversales de tensión (Fig. 40.b) que disminuyen su resistencia respecto a la que se obtiene en el ensayo de compresión simple del material aislado.

⁴⁴ En tal sentido el Código UBC fija para cada tipo de unidad la máxima cantidad de agua absorbida (“Maximum water absorption”) en las Tabla de requerimientos físicos por tipo de unidad de mampostería (“Table 21-1-b—Physical requirements for types of unit masonry”)

⁴⁵ Se busca conocer el comportamiento del compuesto bloque-mortero, bajo las especificaciones dadas por las regulaciones ya sea la norma colombiana en su artículo D.3.7.2 – Elaboración y ensayo de los muretes o la UBC en su artículo 21-17 Método de prueba de resistencia a compresión de prismas de mampostería (“Test method for compressive strength of masonry prisms”)

En el ensayo a compresión de pilas de mampostería, el modo de falla más común es el conocido como falla por tracción lateral⁴⁶, es decir, a través de grietas verticales en las piezas, producidas por las deformaciones transversales incrementadas por el efecto de las deformaciones del mortero en las juntas (Fig. 40.a).

Cuando este agrietamiento vertical se vuelve excesivo, se producen la inestabilidad del elemento y su falla. Para piezas de baja resistencia, la falla se presenta por aplastamiento en compresión de las piezas mismas.

El aplastamiento del mortero generalmente no ocasiona la falla cuando los esfuerzos son puramente axiales, ya que éste, cuando se aplasta, es retenido por fricción por las piezas⁴⁷, y el conjunto puede soportar cargas mayores, salvo que el mortero sea muy pobre en comparación con las piezas.

Sin embargo, en elementos esbeltos, el aplastamiento del mortero puede provocar problemas de inestabilidad⁴⁸.

II.4.5 Comportamiento mecánico de la mampostería a tensión diagonal y Corte

La falla de un muro por efecto de fuerzas cortantes ocurre generalmente a través de grietas inclinadas debidas a tensiones diagonales. Estas grietas se forman generalmente a lo largo de las juntas, propiciadas por la debilidad de la unión pieza-mortero; sin embargo, para piezas con baja resistencia y buena adherencia con el mortero, las grietas atraviesan indistintamente piezas y mortero⁴⁹.

En general, su comportamiento se caracteriza por un primer tramo aproximadamente lineal hasta que se produce el primer agrietamiento diagonal. Puede verse que el tipo de pieza y el tipo de mortero no influyen.

La pendiente del diagrama esfuerzo cortante- deformación angular representa el módulo de rigidez a cortante (Gm), que es una medida de cuanta deformación a cortante sufre la mampostería bajo un determinado nivel de esfuerzo cortante.

⁴⁶ Esto coincide con la experimentación hecha para el trabajo de grado por Figueroa & Díaz, donde concluyen que existe una disminución de capacidad de carga a compresión del murete respecto a la del bloque, debido a la presencia de una distribución de tensiones diferentes debido a la presencia del norte. (con la limitante de no cuantificar la resistencia a compresión el mortero pero que se estima menor que la del bloque).

⁴⁷ En este caso, se asume que las perforaciones son verticales y el mortero presente una resistencia a compresión mayor que la de la unidad, para que se de tal distribución de esfuerzos.

⁴⁸ Es importante recordar, que la carga de Euler p carga de pandeo de un elemento esbelto está directamente relacionado a los esfuerzos últimos que resistan estos elementos a compresión.

⁴⁹ Ver trabajos de Ing. Castillas e Ing. Genatios referenciados en Capítulo III.

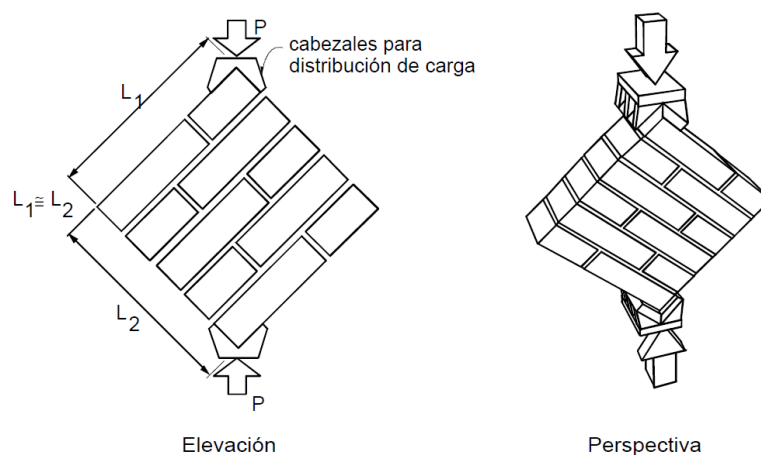


Figura 41. Ensayo de la mampostería a tensión diagonal y Corte. Ref 18

II.5 Consideraciones de FEMA 273, 274 Y FEMA 306, 307

II.5.1 Generalidades

En vista de la complejidad y grado de dispersión que pudiera tener el estudio a profundidad del comportamiento mecánico de una mampostería particular como elemento resistente a cargas laterales de un sistema estructural, ya sea en el conocimiento de las propiedades mecánicas de sus piezas, mortero, así como su comportamiento a compresión diagonal y corte; es altamente funcional utilizar lineamientos de institutos internacionales de gran experiencia, como es el caso de FEMA, que poseen un amplio registro de ensayos de mampostería, así como de estudios y avances en el “estado del arte” del diseño de mamposterías, como explicaremos en el siguiente capítulo.

II.5.2 Fundamentos sobre diseño por desempeño

Con la utilización de los actuales códigos que rigen el diseño de la estructuras se ha logrado normar la construcción de las edificaciones; pero estas acumulan una gran

cantidad de daño, no porque hayan fallado estructuralmente sino por los grandes costos de las reparaciones y/o daños.

El diseño por desempeño tiene como finalidad única determinar cómo se comporta una estructura ante cualquier tipo de solicitación, considerando en su análisis el comportamiento de cada uno de sus elementos no solo en el rango lineal (elástico), con deformaciones permanentes o rotulas plásticas sino también durante el rango plástico (inelástico) donde se producen mecanismo de falla por la necesidad de disipación de energía.

Los lineamientos de FEMA 273 y 274, son un compendio de lineamiento para la rehabilitación sísmica de estructuras de concreto armado, acero estructural, estructuras de madera, sistemas de mampostería portante y sistemas mixtos, que utiliza una filosofía de diseño basada en el desempeño. Este instrumento proporciona procedimientos analíticos estáticos y dinámicos lineales para la determinación de la relación esfuerzo-deformación y criterios de aceptación de la calidad de los materiales, así como también estima las deformaciones máximas que alcanzan estas estructuras cuando incurren en el rango “No Lineal”; todo esto en función de las propiedades de los materiales, intensidad de cargas a las que es sometido el sistema estructural y el rendimiento (desempeño) esperado del mismo. En el capítulo 7 de este código, titulado Mampostería (“Masonry”) describe procedimientos ingenieriles para estimar el comportamiento sísmico lateral y vertical de la mampostería sometida a cargas laterales y de servicio. Para ello la FEMA 273 identifica dos sistemas principales en toda mampostería estructural, el primero denominado primario, que es parte del sistema de refuerzo lateral de la estructura sismo resistente, y el secundario, quien debe mantenerse en pie durante la aplicación combinada de las cargas laterales y las cargas gravitatorias o de uso.

II.5.3 Tipos de mampostería y reforzamiento

Según FEMA pueden identificarse tres tipos de paredes de mampostería básica, como lo son:

- Paredes de mampostería existentes.
- Paredes de mampostería nuevas, colocadas a estructuras viejas
- Paredes de mampostería mejoradas.

Estas paredes son estudiadas según su comportamiento en el plano y normal al mismo, discretizando la mampostería no reforzada (URM) de la reforzada (RM); así como su nivel de reforzamiento, ya sea mampostería no rellena (“ungrouted”), mampostería parcialmente rellena (“partially grouted”) o mampostería totalmente rellena (“fully grouted”). Los análisis se hacen de forma separada, ya sea para los casos de fuerzas en el plano y fuerzas normales al plano, tomando en consideración que para el caso de mampostería existente o mejorada, se asume un comportamiento óptimo equivalente al de mampostería nueva.

De esta manera, el instrumento proporciona criterios de análisis según el tipo de reforzamiento, comportamiento estructural y tipo de mampostería, proporcionando modelos de rigidez de las mismas, para luego poder ser utilizadas ya sea en un análisis estático lineal o no lineal, proporcionando criterios de aceptabilidad para los esfuerzos y deformaciones esperados según estos modelos de rigidez, para varios niveles de intensidad de carga.

A continuación presentaremos los tipos de mamposterías mejoradas según FEMA, considerando como mampostería mejorada a las paredes cuyo comportamiento estructural en el plano y fuera del plano fuese mejorado a través de ciertos

procedimientos; entre estas paredes incluyen mamposterías reforzadas (RM) y no reforzadas (URM). El mejoramiento estructural se logra con los procedimientos que serán mencionados a continuación:

a) Aberturas rellenas (“Infilled Openings”)

Un método común para rigidizar y fortalecer en su plano una pared de mampostería, es rellenar los agujeros de ventanas y puertas con más mampostería. Se usa típicamente para mampostería URM pero también es aplicable a casos de RM si es necesario. El llenado de las aberturas existentes rigidizará y fortalecerá la pared agujerada a corte. El llenado de la mampostería deben presentar las siguientes condiciones:

- La suma de las longitudes de todas las aberturas en dirección de la fuerza de corte en el plano, en una pared continua, debe ser menor del 40 % de la longitud total de la pared.
- Las unidades de mampostería nuevas y viejas deben ser interconectadas en los bordes, rellenando las aberturas con un anclaje adecuado que proporcione una resistencia equivalente de corte entre las mismas.

La restricción del no abrir la pared longitudinalmente es garantizar que esta mampostería modificada, mantenga el mismo comportamiento estructural de la original.

b) Aberturas ampliadas (“Enlarged Openings”)

Las ampliaciones en las aberturas de puertas y ventanas en paredes URM alteran las proporciones de los “pilares” respecto a la pared. Con la remoción de una parte por encima o por debajo de las aberturas, la relación alto-ancho de los “pilares” se incrementa hasta tal punto que este pasará de un comportamiento gobernado por corte al

de uno por flexión. Esto fragilizara la pared reforzada e incrementara su capacidad de deformarse inelásticamente si se garantiza el mecanismo de pandeo dúctil.

c) Concreto proyectado

La aplicación de concreto proyectado como refuerzo a la superficie de una pared de mampostería es un método común para mejorar la resistencia en el plano y normal al plano. El área de corte de la pared es incrementada y la relación alto-ancho (h/t) disminuye. La incorporación de concreto proyectado al sistema resistente incrementa la resistencia al cizallamiento y la capacidad resistente a flexión de la pared.

Una mampostería existente con la aplicación de concreto proyectado se comporta como una sección compuesta. La mampostería se comportará a flexión o a corte según el espesor de concreto proyectado a la pared de mampostería.

d) Capas de reforzamiento para paredes URM

Los revestimientos de superficie pueden ser utilizados para mejorar la resistencia al esfuerzo cortante en el plano de una pared URM. La relación h/t se reduce con el recubrimiento, lo que aumenta la resistencia de la pared a la compresión y a cargas transversales. El recubrimiento puede consistir en un recubrimiento de yeso o de cemento, con o sin una malla de acero incrustado.

Se han realizado investigaciones sobre la eficacia de la utilización de mamposterías reforzadas con fibra (por ejemplo, Kevlar, fibras de carbono), sin embargo, la durabilidad a largo plazo es cuestionable.

Este revestimiento se comporta como secciones compuestas o no, en función del incremento del área de contacto entre el reforzamiento y la mampostería, así como

también su efectividad depende de la diferencia entre los módulos elásticos de la mampostería y el recubrimiento.

e) Núcleos reforzados para paredes URM

Las paredes URM existentes pueden ser reforzadas en la dirección vertical por con barras de refuerzo en los núcleos perforados a lo largo de la altura del muro. Con un anclaje adecuado de las nuevas barras verticales de refuerzo en los núcleos perforados de una pared, se puede esperar que esta trabaje como una pared reforzada a flexión.

El uso de resinas epoxídicas para llenar los núcleos alrededor de las barras de refuerzo en mampostería, de materiales más blandos, ha dado lugar a un deterioro acelerado debido a la incompatibilidad de los materiales.

f) Núcleos pretensados para paredes URM

Las paredes URM existentes puede ser reforzadas con elementos pretensados colocados en las perforaciones de las unidades de mampostería, a todo lo largo de la altura de la pared. Estas se orientarán en la dirección vertical de la pared, empotradas en su base con barras de acero y mortero vaciado en los núcleos perforados de la mampostería y al elemento se sostenimiento horizontal.

Los elementos pretensados se deben colocar sin mortero. Las paredes mejoradas con elementos pretensados no adheridos a la mampostería (sin mortero) responderán en un rango no-lineal pero en una forma elástica (volviendo a la forma no deformada).

Si los elementos están unidos con mortero, se puede disipar energía sísmica importante en esfuerzos inelásticos. Sin embargo, debido a la alta resistencia del acero de los elementos pretensados, los esfuerzos tensionales y de compresión excesiva puede dar lugar a un aplastamiento prematuro de la mampostería antes de que el

reforzamiento pretensado pueda desarrollar toda su capacidad. Así, la amortiguación, histéresis y el rendimiento dúctil serán inhabilitados.

Las pérdidas en la fuerza de pretensado se puede estimar sobre la base de la reducción prevista de un componente de mampostería, debido a las deformaciones elásticas, fluencia, y los efectos de contracción

A diferencia de la técnica núcleo armado, la técnica de núcleo pretensado mejorará la resistencia al corte, así como resistencia a la flexión debido a la fricción que se desarrolla como resultado de la mayor tensión de compresión vertical.

g) Inyección de “Grout”

La resistencia al corte de las paredes de mampostería existentes puede mejorarse mediante la inyección de “grout” en los huecos interiores de la pared. Para paredes de mampostería URM, la lechada se puede inyectar en los huecos, en la articulación de cuello, además de las articulaciones al tope y la cama. Esto también aumentará la resistencia al cizallamiento y tracción entre muretes (“wythes”) y aumentar la resistencia transversal de una pared multi-murete (“multiwythe”). Para mampostería de unidad hueca, la lechada se puede inyectar en las celdas abiertas.

Cualquier grout puede ser usado para rellenar huecos y roturas de la mampostería, siempre y cuando estas tengan la fuerza, módulos elásticos y propiedades térmicas compatibles con las de la mampostería.

h) Rejuntado (Repointing)

El rejuntado es el proceso de eliminación de mortero deteriorado en las juntas y reemplazado por mortero nuevo. El rejuntado puede utilizarse para mejorar las paredes URM a cizalladura o la fuerza a flexión. La Resistencia de la junta

del nuevo mortero debe ser igual o mayor que la del mortero original. Los esfuerzos a compresión del nuevo mortero deben ser igual o menor que el del mortero original.

i) Paredes de mampostería reforzada

Las paredes de mampostería pueden ser reforzadas con elementos estructurales externos que reducen la longitud del tramo. Estos elementos de acero refuerzo puede ser proporcionado para reducir la incursión de una pared de mampostería por esfuerzos a flexión en la dirección fuera del plano.

II.5.4 Pertinencia del análisis según el código de construcciones uniformes

(Uniform Building Code -UBC)

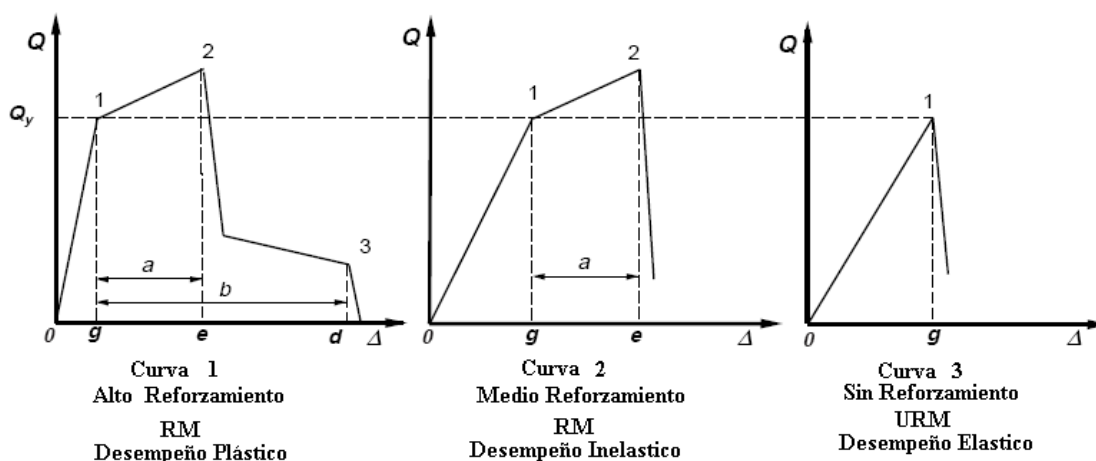
UBC es el código de la edificación más ampliamente utilizado en el mundo. Este código provee a ingenieros, arquitectos, técnicos y autoridades competentes, los reglamentos más completos en las áreas principales de construcción edilicia: diseño arquitectónico, diseño estructural, protección de vidas humanas y protección contra incendios e inspecciones. Este incorpora avances de investigaciones de diferentes institutos en su país entre los que podemos mencionar:

- ACCA - Air Conditioning Contractors of America
- AIA - American Institute of Architects
- AISC - American Institute of Steel Construction
- AISI - American Iron and Steel Institute
- ANSI - American National Standards Institute
- ASTM - American Society for Testing & Materials
- American Wood Council - American Wood Council
- ASCE - American Society of Civil Engineers

- ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
- ASID - American Society of Interior Designers
- BOMA - Building Owners & Managers Assoc. International
- International Code Council
- MHI - Manufactured Housing Institute
- NAHB - National Association of Home Builders
- NIBS - National Institute of Building Sciences
- NMHC - National Multi Housing Council
- NSSN - A National Resource for Global Standards
- NSPE - National Society of Professional Engineers

Los lineamientos de FEMA 273/274 referencia una serie de ensayos y recomendaciones para la rehabilitación y refuerzo de estructuras que respondían a la filosofía de los códigos anteriores tales como UBC 1988, UBC 1997, de forma tal de corregir detalles que incidieron en el mal desempeño durante el terremoto de Nothright de 1994 (USA). Llevando dichas estructuras aun buen desempeño sismo-resistente, admitiendo distintos grados de daño de los sistemas, tal como se evidencia en las curvas 1, 2 y 3, manteniendo los factores de carga y minoración de resistencia para el caso que pueda aplicar, recogiendo tales conceptos en el nuevo código Interntional Building Code (IBC 2009).

Figura 42. Desempeño de mampostería según reforzamiento. Ref 8



Esto con el objeto de que estas estructuras, desarrollen nuevos niveles de carga que les permitan desarrollar rotulas plásticas. Como se puede verificar en la figura 10, las paredes no reforzada (URM) no desarrollan rotulas plásticas mientras que las reforzadas RM si, permitiendo un desempeño de ocupación inmediata (IO), Salvaguardar vidas (LS) y prevención de colapso (CP); todo ligado a la ductilidad de la pared.

La manera de expresar estos cambios (de la UBC a la IBC) se presentan en numerosas publicaciones, entre las que podemos citar las de Conferencias Internacionales de edificios oficiales. En particular, en el libro UBC-IBC Structural (Ref. 23), donde refiere los cambios hechos al código UBC hasta hoy en día, haciendo mención en primera instancia a los cambios en las suposiciones de análisis contemplados en el Capítulo 16 (combinaciones de carga), y posteriormente del diseño de la mampostería en el capítulo 21 (diseño por resistencia), donde expresa:

“Formulation of the IBC seismic provisions generated considerable debate because the other two model codes are based on FEMA’s *NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Building*, whereas the Uniform Building Code has been based on SEAOC’s *Recommend Lateral Force Requirements* (commonly referred to as the “Blue Book”). In 1996, the IBC Structural Subcommittee agreed in concept for the IBC to be based on the 1997 edition of the NEHRP Provisions which was still under development after the last edition of the UBC (1997) has been published. This allowed further coordination between the 1997 UBC and the 2000 IBC. A Code Resource Development Committee (CRDC), funded by FEMA, was formed under the direction of the Building Seismic Safety Council (BSSC) to develop seismic code provisions based on the 1997 edition of the NEHRP Provisions, for incorporation into 2000 IBC”

“The masonry provisions in the International Building Code (IBC) contain a mix of provisions from a variety of different sources to provide the most up-to-date and useful set of masonry design and construction provisions. While the 1997 Uniform Building Code (UBC) was a prime resource for the IBC provisions, numerous changes in both content and format exist. One of the main differences between the IBC and the UBC is the referenced standards. The IBC Structural Subcommittee used consensus standards throughout the development of the IBC, which significantly shortened structural

chapters since design provisions were no longer contained in the body of the text. This was also true with material standards and test procedures, where consensus standards were often adopted instead of similar UBC Standards (which were in fact, often based on the same consensus standards). Because of this, users of the UBC will find that many familiar code sections are no longer covered in the masonry chapter since they are contained in referenced standards”.

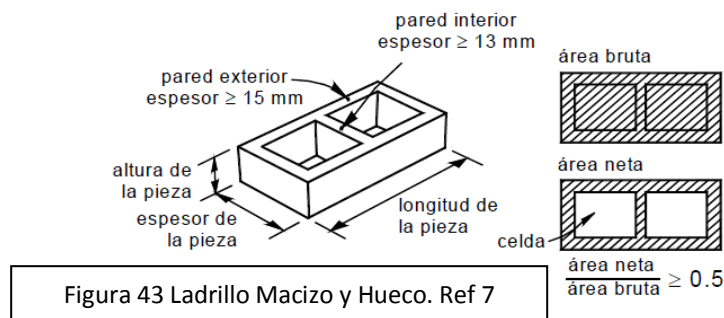
En este sentido el código UBC o el IBC establecen en una forma explícita: (a) la utilización de los tipos de mampostería según la calidad de sus componentes (bloques, morteros y acero de refuerzo), (b) las mamposterías reforzadas para un nivel de resistencia del murete en las zonas que se requieran ante la acción sísmica, (c) forma de análisis en la incursión en el rango inelástico de la mampostería (para garantizar el buen funcionamiento de la edificación con daños estructurales controlados, en particular aplicado a zonas sísmicas 3 y 4 es decir, zonas con aceleraciones mayores a 0.15 g en roca), aplicando para su diseño métodos en estado límite elástico y agotamiento del material. (d) De igual forma, para mamposterías cuyas componentes no presentan la resistencia apropiada mediante ensayos en sitio o en laboratorio, su utilización en zonas de baja sismicidad, aceptando únicamente métodos de análisis del estado limite elástico o método empírico. Tales métodos serán presentados en el Capítulo II.7.f “Análisis de la mampostería reforzada y no reforzada según UBC 1997 o IBC 2009”.

Por otra parte, federaciones como FEMA establece requisitos mínimos de resistencia sísmica requerida para las mamposterías reforzadas o no reforzadas, ante una acción sísmica producto de un refuerzo o una rehabilitación, dependiendo de su situación; en el caso de una rehabilitación, podrían ser la secuencia de la pérdida de la resistencia nominal del sistema por mantenimiento o por que fue sometida a un sismo y en el caso del refuerzo, por la vulnerabilidad que presenta el sistema ante la acción sísmica.

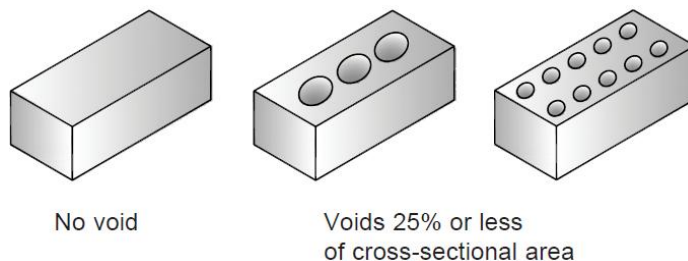
II.5.5 Requisitos mecánicos mecánicas de las unidades tipificadas de mampostería según la UBC.

Los métodos descritos por la FEMA utiliza como base para definir los atributos de rigidez y resistencia de las paredes de mampostería y paneles rellenos, las propiedades de los componentes de mampostería definidos por la BSSC (“Building Seismic Safety Council”) y a su vez la UBC (“Uniform Building Code”).

En el caso de la calidad de las unidades de mampostería el código UBC regula la resistencia a compresión de la misma en función del área efectiva resistente, ya sea el área neta o el área gruesa según sea el caso; como lo muestra la siguiente ilustración perteneciente a la norma mexicana:



El ladrillo (“Brick”): es una unidad de mampostería solida de arcilla, la cual su área neta de sección transversal es mayor del 75% del área de la sección bruta de la



misma.

Figura 44 Solid Clay Brick. Ref 7

- Ladrillo macizo (solid clay brick): su clasificación viene dada en grados, entres los cuales están los siguientes: (a) SW (“Severe Weathering”): diseñados para resistir altos cambios de temperatura, (b) MW (“Moderate Weathering”): diseñados para resistir altos cambios de temperatura. (c) NW (“Negligible Weathering”): diseñados para resistir cambios de temperatura bajos

Los requerimientos mecánicos exigidos por la UBC para este tipo de unidad de mampostería se expresan en la tabla 21-1B de la misma:

Tabla 21-1-B- Requerimientos físicos por tipo de unidad de mampostería					
Tipo de mampostería	Grado	Resistencia mínima a compresión (sección gruesa)			
		Para 5 ensayos		Individual	
		Kg/cm2	Psi	Kg/cm2	Psi
Bloque macizo de arcilla (building brick)	Sw	210,9	3000	175,75	2500
	MW	175,75	2500	154,66	2200
	NW	105,45	1500	87,875	1250

No hay tamaños estándar de ladrillos de arcilla macizos por lo que es siempre necesario verificar con quien los suministra. Como guía se tienen las siguientes dimensiones típicas de este tipo de ladrillo estándar.

Tabla 21-5-d-Dimensiones mínimas			
	Ancho (pulg)	Alto (pulg)	Largo (pulg)
Standard	3 ¾"	2 ¼"	8"
Modular	3 5/8"	2 ¼"	7 5/8"
Grande	3"	2 5/8"	9 5/8"
Normal	3 ½"	2 ¼"	11 ½"
Jumbo	3"	3 ½"	11 ½"

- Ladrillo hueco (hollow clay brick): su clasificación viene dada en grados y tipo , entre los grados están los siguientes: (a) HBS (Hollow brick Standard); para uso general en exteriores o interiores, (b) HBX (Hollow brick Extra): tiene el mismo uso que el tipo HBS pero tiene un acabado mucho mejor, (c) HBA (Hollow brick Architectural): para especificaciones arquitectónicas especiales, (d) HBB (Hollow Brick Basic): con especificaciones especiales (color, textura, acabado,etc).

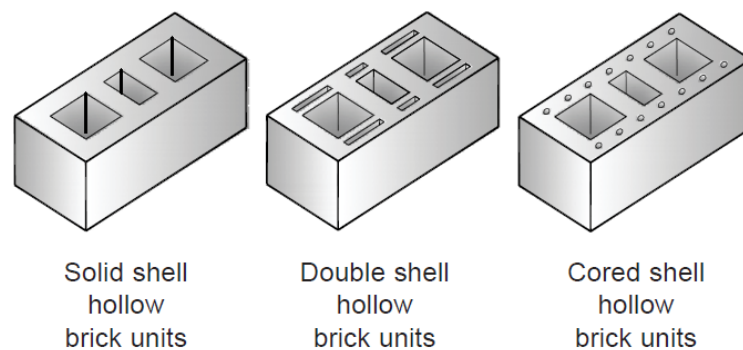


Figura 45 Hollow clay brick. Ref 7

Y posee también una distinción según tipo de hueco: (a) H40V: para un porcentaje de vacío entre 25 y 40 %, (b) H60V: para un porcentaje de vacío entre 40 y 60 %.

Los requerimientos mecánicos exigidos por la UBC para este tipo de unidad de mampostería se expresan en la tabla 21-1B de la misma:

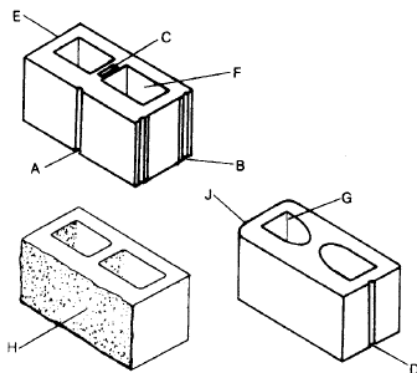
Tabla 21-1-C- Requerimientos Físicos Por Tipo De Unidad De Mampostería					
Tipo de mampostería	Grado	Resistencia mínima a compresión (sección gruesa)			
		Para 5 ensayos		Individual	
		Kg/cm2	Psi	Kg/cm2	Psi
Bloque hueco de arcilla (hollow brick)	Sw	210,9	3000	175,75	2500
	Mw	175,75	2500	154,66	2200

Diseño de bloques de concreto

Revisando la bibliografía existente sobre elaboración de bloques de concreto, verificamos que existen numerosos diseños elaborados en este material, presentando variaciones en su forma y funcionalidad. A continuación presentaremos algunos ejemplos típicos en Estados Unidos, considerando sus nombres en ingles, por estar fuera de los objetivos de estudio del presente trabajo de grado.

Tipos, partes y arreglos de bloques de concreto Ladrillo de Concreto macizo (“Concrete Building Brick”)

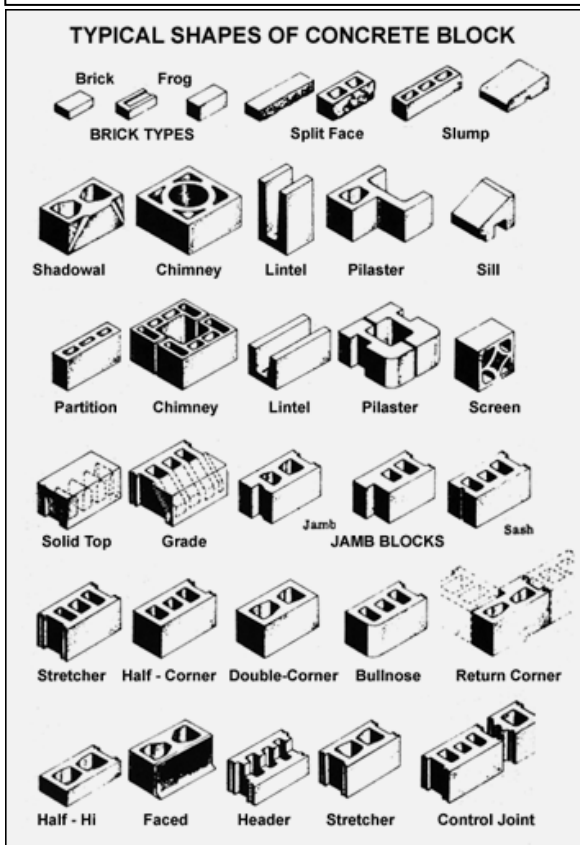
Figura 46 partes del bloque. Ref 19



Concrete Block are commonly referred to as “CMUs” (Concrete Masonry Units), “Grey Block” or simply “Concrete Block.” The following are keyed names commonly used to further describe different types of concrete block.

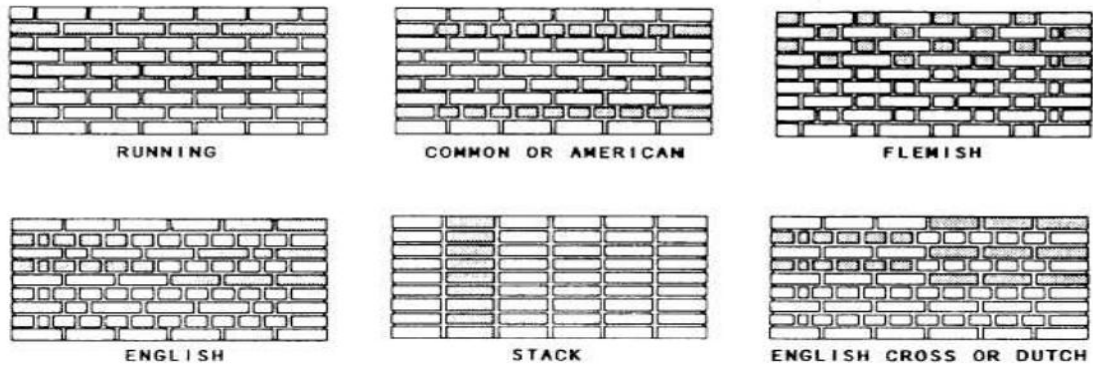
- A. Scored
- B. Stretcher End (Mortar Groove)
- C. Breaker
- D. Sash Groove
- E. Plain End
- F. Rectangular Core
- G. Pear Core
- H. Split Face*
- J. Bullnose (Double shown)

Figura 47 Bloques típicos de concreto. Ref 19



Hace referencia a ladrillos y unidades solidas similares hechas con cemento portland, agua y agregados finos con o sin la inclusión de otros materiales.

Fig. 48 Tipos de arreglos. Ref 2



Tienen una clasificación por grados, estos del tipo N para cambios abruptos de temperatura y S para unidades con cambios diferenciales poco pronunciados.

Los requerimientos mecánicos exigidos por la UBC para este tipo de unidad de mampostería se expresan en la tabla 21-3-B de la misma:

Tabla 21-3-B Requerimientos de esfuerzo a compresión				
Esfuerzo a compresión				
Área gruesa				
	Para 3 ensayos		Individual	
Grado	Kg/cm2	Psi	Kg/cm2	Psi
N	246,05	3500	210,9	3000
S	175,75	2500	140,6	2000

La Norma UBC tipifica dos unidades de mampostería específicas para mampostería con o sin confinamiento identificándolas como: unidades de concreto para mampostería sin carga de confinamiento (“nonload-bearing concrete masonry units”) y unidades de concreto huecas y macizas para mampostería con carga de confinamiento (“hollow and solid load-bearing concrete masonry units”).

- a) Unidades de concreto huecas y macizas para mampostería con carga de confinamiento (“hollow and solid load-bearing concrete masonry units”).

Las características de estas unidades con respecto a la resistencia a compresión responde en a las especificadas en la tabla 21-4-B, con la incorporación de las siguientes características particulares:

- Clasificación: el tipo de grado asignado a esta mampostería N y S, corresponde a los siguientes pesos específicos:

Tabla 21-4-B Peso según grados de mortero	
Grado	Peso específico (kg/cm ³)
N	> 1360
S	<1360

Tabla 21-4-B requerimientos de esfuerzo			
Esfuerzo a compresión			
Área neta			
Para 3 ensayos		Individual	
Kg/cm ²	Psi	Kg/cm ²	Psi
133,57	1900	119,51	1700

- Geometría: para las restricciones geométricas la norma UBC cita:

Tabla 21-4-C Rigideces mínima			
Ancho nominal de la unidad	Rigidez mínima de cara	Rigidez de malla	
		Mínimo	Rigidez equivalente de la malla
3 Y 4	3/4	3/4	1 5/8
6	1	1	2 1/4
8	1 1/4	1	2 1/4
10	1 3/8	1 1/8	2 1/2
	1 1/4		

- b) Unidades de concreto para mampostería sin carga de confinamiento (“nonload-bearing concrete masonry units”)

Las características de estas unidades con respecto a la resistencia a compresión responde en a las especificadas en la tabla 21-5-B, con la incorporación de las siguientes características particulares:

- Clasificación: el tipo de grado asignado a esta mampostería Liviana, medianamente Pesada y pesada, corresponde a los siguientes pesos específicos:

Tabla 21-5-B requerimientos de esfuerzo			
Esfuerzo a compresión (min)			
Área neta			
Para 3 ensayos		Individual	
Kg/cm2	Psi	Kg/cm2	Psi
42,18	600	21,09	300

Tabla 21-8-B Clasificación de mortero según peso	
Clasificación	Peso específico (kg/m3)
Liviano	<1680
Medianamente pesado	>1680 <2000
Pesado	>2000

II.5.6 Cemento para el mortero de la mampostería estructural.

El cemento debe cumplir con los requerimientos dados en la tabla 21-11-A

TABLE 21-11-A—PHYSICAL REQUIREMENTS			
MASONRY CEMENT TYPE	N	S	M
Fineness, residue on a No. 325 (45 µm) sieve, maximum percent	24	24	24
Soundness: Autoclave expansion, maximum, percent	1.0	1.0	1.0
Time of setting, Gilmore method:			
Initial set, minimum, hour	2	1½	1½
Final set, maximum, hour	24	24	24
Compressive strength (average of 3 cubes):			
Initial compressive strength of mortar cubes, composed of 1 part cement and 3 parts blended sand (half Graded Ottawa sand, and half Standard 20-30 Ottawa sand) by volume, prepared and tested in accordance with this specification shall be equal to or higher than the values specified for the ages indicated below:			
7 days, psi	500 (3445 kPa)	1,300 (8957 kPa)	1,800 (12 402 kPa)
28 days, psi	900 (6201 kPa)	2,100 (14 469 kPa)	2,900 (19 981 kPa)
Air content of mortar:			
Minimum percent by volume	8	8	8
Maximum percent by volume	21	19	19
Water retention, flow after suction, minimum, percent of original flow	70	70	70

II.5.7. Mortero de Cemento

El mortero de cemento debe cumplir con los requerimientos dados en la tabla 21-14-A, con unas especificaciones mecánicas determinadas para mortero de cemento para mampostería reforzada expuestos en las tablas 21-15-A, mostradas a continuación:

Tabla 21-14-A Requerimientos de esfuerzo a compresión. (min)			
Grado	Individual		Días
	Kg/cm2	Psi	
N	35,15	500	7
	63,27	900	28
S	91,39	1300	7
	147,63	2100	28
M	126,54	1800	7
	203,87	2900	28

Tabla 21-15-A requerimientos de mortero			
Esfuerzo a compresión (min)			
Mortero	Tipo	Individual	
		Kg/cm2	Psi
Mortero de cemento	M		2500
	S	126,54	1800
	N	52,725	750
	O	24,605	350
Cemento de mampostería (albañilería)	M	175,75	2500
	S	126,54	1800
	N	52,725	750
	O	24,605	350

II.6 Diseño de mampostería según UBC 1997

II.6.1 Requerimientos generales.

El diseño de estructuras de mampostería deben cumplir con los requerimientos dados por el diseño por esfuerzos admisibles o el diseño por resistencia dados en la sección 2107 y 2108 respectivamente, ya sea en el código UBC 1997 o IBC 2000, particularmente de sus variaciones por la incorporación de lineamientos del código MSJC donde el diseño es prácticamente el mismo así lo expresa en la discusión, expresa en (Ref. 23) citando a continuación el texto original:

“The allowable stress design provisions in the referenced standard are nearly identical to those contained in Section 2107 of the UBC. Key differences are that the MSJC Code is based on the use of full design stresses only, assuming that structural masonry will receive some minimum level of inspection. These minimum levels of inspection have accordingly been incorporated into IBC Section 1704.5. Thus, the MSJC Code does not permit the half-stress design procedure permitted by UBC 2107.1.2.”

“The provisions in Section 2108 were originally based on the strength design provisions of UBC Section 2108, and were further modified to more closely resemble the strength design provisions in the 1997 NEHRP Provisions. Additional changes were made to reduce differences between those two documents. The following highlights new provisions and significantly revised UBC provisions.

Es por esta razón que a fines de realizar el diseño de un tipo de mampostería (sea reforzada o no reforzada) nos limitaremos a conocer los métodos de análisis y diseño de la mampostería según la UBC 1997, que presentaremos en los siguientes capítulos

II.6.2 Mampostería No reforzada

La mampostería No Reforzada se usan en zonas de bajas sismicidad por lo que su requerimiento en cuanto a calidad del murete se refiere, es menos exigente, y en caso de que se carezcan de ensayos que den respaldo a dicha calidad, la UBC limita los esfuerzos admisibles a la mitad y propone la utilización del método de análisis basado en los esfuerzos admisibles (“Working Stress Design”) y el Método Empírico⁵⁰.

En consecuencia, este código de diseño restringen de manera enfática el uso de este tipo de modos constructivos, es decir, edificaciones a base de mampostería estructural, regulando en el capítulo 2105 la Inspección de Calidad (“Quality Assurance”) mínima requerida y, todo los aspectos referentes a dicho control de calidad.

⁵⁰ Tal como se señala la tabla 21-M Esfuerzos de compresión admisibles para el método de diseño empírico para mampostería (“Allowable compressive stresses for empirical design of masonry”), que se presentará en próximos capítulos.

Del mismo modo la norma colombiana “Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10”, en su capítulo D.3 “Calidad de los materiales en mampostería estructural” refiere:

“Los materiales utilizados en las construcciones de mampostería estructural deben cumplir los requisitos de calidad especificados en el presente Capítulo. Este cumplimiento debe comprobarse mediante ensayos realizados sobre muestras representativas”

Entre los distintos lineamientos que regula esta norma, se puede hacer referencia la importancia del rol en el diseño y análisis de una estructura de mampostería, de la determinación de la resistencia a compresión de la mampostería, donde se mencionan aspectos como: determinación de f'_m previa a la construcción, la elaboración y ensayo de los muretes, la determinación estadística de f'_m , la determinación experimental de f'_m , el cálculo del valor de f'_m basado en la calidad de los materiales, del valor de f'_m cuando las celdas se inyectan con mortero de relleno, basado en la calidad de los materiales.

II.6.3 Diseño por esfuerzos admisibles (“Working Stress Design”) según la UBC 1997

a) Criterios asumidos

➤ Calidad de los materiales

Cuando la edificación se encuentre en zonas sísmicas 3 o 4 se usaran la mitad de los valores exigidos para f'_m , limitándolo a un valor máximo de 1500 psi (10 MPa) para mampostería con bloques de concreto y 2600 psi (18 MPa) para mampostería con bloques de arcilla⁵¹.

⁵¹ Esto coincide con la norma colombiana, donde clasifica la mampostería como muro de mampostería reforzada a los contruidos con unidades de concreto con perforación vertical y esta no puede tener una resistencia menor de 10 MPa, ni una resistencia mayor de 28 MPa.

b) Ancho efectivo

- Murete simple (“Single-wythe walls”): el ancho efectivo del murete simple de unidades solidas o huecas será el ancho de la pared.
- Murete multiple (“Multi-wythe walls”): el ancho efectivo de la pared de muretes múltiples, se toma considerando el mortero o grouted que rellena y mantiene unidos dichos muretes.
- Paredes con cavidades (“cavity walls”): cuando ambos muretes de una pared con cavidad están cargadas axialmente, cada murete debe ser considerado que actúa independientemente y sus anchos efectivos se calculan como el caso de murete simple. Cuando un solo murete es el cargado el ancho efectivo se calcula como raíz cuadrada de la suma de los anchos de cada murete.
- Columnas de murete (“columns”): el ancho efectivo para columnas no rectangulares, es el espesor de la columna cuadrada con el mismo momento de inercia en torno a su eje.

c) Altura efectiva: la altura efectiva de paredes y bloques debe tomarse como la altura libre de miembros con soporte lateral, desde el tope hasta su base en una dirección normal al eje del miembro considerado.

d) Área efectiva: el área efectiva de la sección transversal debe tomarse en el área de adherencia (“bedded area”) de las unidades agujeradas, o del área gruesa para unidades solidas mas área rellena de “grouted”.

e) Otros:

- Las secciones se mantienen planas antes y después del aplastamiento.

- Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones
- Los elementos de mampostería se combinan para formar un miembro homogéneo.

f) Construcción compuesta

Aplica para mampostería de múltiples muretes adheridos que actúan como elemento estructural único, teniendo en cuenta las siguientes suposiciones:

- El análisis debe basarse en una sección transformada elástica en el área neta.
- El máximo esfuerzo registrado en cualquier porción de la mampostería compuesta no debe exceder los esfuerzos admisibles.

g) Sección Transformada.

En el diseño por sección transformada se escoge un material como material de referencia, y los otros son transformados en función de este primero.

II.6.4 Mampostería Reforzada

El término mampostería reforzada hace referencia a paredes de mampostería construidas con bloques de arcilla o concreto con perforaciones verticales, con unos requerimientos específicos del reforzamiento necesariamente de acero; con una alta capacidad de disipación de energía, por lo que es utilizado en zonas de alta sismicidad.

Según los lineamientos del código UBC 1997 el uso de una mampostería estructural sea tanto RM como URM se exigen un reforzamiento mínimo, que no está destinado a reforzar la pared ante cargas laterales, el en caso particular de mamposterías RM se dan lineamiento con respecto a los anclajes y pernos (y lineamiento en su diseño),

longitudes de desarrollo, distribución del refuerzo, recubrimiento, entre otros lineamientos.

De igual manera, la norma colombiana exige enfáticamente que exista un reforzamiento mínimo de acero en la mampostería en función del área en planta de la misma.

Para este tipo de mamposterías la norma UBC brinda un método de diseño denominado Diseño por Resistencia, donde se lleva el material (la mampostería) hasta su rango inelástico, aprovechando la ductilidad proporcionada por el refuerzo de acero.

A continuación se mencionan algunos aspectos de importancia en el diseño con este método (“Working stress”) de mamposterías reforzadas.

II.6.5 Diseño por Resistencia

a) Suposiciones

Los requerimientos expuestos en este capítulo complementan los expuestos en el capítulo Diseño por esfuerzos admisibles, con el requerimiento de que se trate de unidades tipo agujeradas de arcilla o concreto, indistintamente.

a) Criterios de diseño:

- La mampostería no resiste esfuerzos mayores que su modulo de rotura.
- El reforzamiento está totalmente adherido a la mampostería de forma tal que trabajen de forma homogénea.
- La resistencia nominal de la sección transversal de una pared de mampostería reforzada simple bajo una combinación de cargas axiales y de flexión, deben basarse en condiciones de equilibrio y resistencia compatibles.

- Los desplazamientos en la mampostería reforzada se asumirán proporcionales a su distancia al eje neutral. Su valor ξ_{mu} en la fibra mas comprimida ser 0.003 para vigas, pilares, columnas y paredes; así como también deberá ser menor de 0.003 para paredes enmarcadas resistentes a momentos (“infill frame”), a menos que se use un reforzamiento lateral.
- Los esfuerzos de la mampostería de 0.85 f'm deben ser asumidos uniformemente distribuidos sobre una zona equivalente de compresión de la sección transversal y una deformación lineal localizada paralela al eje neutro a una distancia $a = 0.85c$ de la fibra más comprimida. La distancia c desde la fibra mas deformada al eje neutro y debe ser medida perpendicular a la dirección del eje.

b) Tipos de reforzamiento y generalidades

- Máximo reforzamiento: el máximo tamaño de reforzamiento (barra) debe ser n° 9. El diámetro de la barra no debe exceder $\frac{1}{4}$ de la dimensión menor de la celda. No se deben colocar más de dos barras en una celda.
- Colocación: en columnas y pilares, la luz libre entre barras de reforzamiento vertical no debe ser menor 1 o 0.5 veces el diámetro nominal de la barra, y no menor de 38mm.
- Recubrimiento: todas las barras de refuerzo deben estar embebidas en mortero o “grouted” no menor de 38 mm.

c) Diseño de viga, pilar o columna de mampostería (“vean”, "pier" o “column”)

- Suposiciones:

- El valor de f'_m no debe ser menor de 1500psi (10.3 MPa). Para propósitos computacionales este valor no debe exceder los 4000 psi (27.6 MPa)
- Las fuerzas de diseño de miembros debe estar basado en un análisis que considere el ancho relativo del espesor del miembro estructural.
- El cálculo de la rigidez (“stiffness”) lateral debe incluir la contribución de todas las vigas, pilares y columnas, considerando los efectos del agrietamiento

➤ Dimensionamiento: el dimensionamiento mínimo debe ser acorde lo siguiente:

- Vigas:
 - El ancho nominal de la viga no debe ser menor de 153 mm
 - La luz libre entre la profundidad nominal de la viga no debe ser menor a 203 mm
- Pilares:
 - El ancho nominal del pilar no debe ser menor de 153 mm y no debe exceder los 406 mm.
 - La distancia entre el soporte lateral del pilar no debe ser mayor que 30 veces el ancho nominal del mismo.
 - Cuando la distancia entre el soporte lateral del pilar exceda 30 veces su ancho nominal, se deben usar los lineamientos dados para paredes diseñadas contra cargas fuera del plano
 - La longitud nominal del pilar no debe ser menor que tres veces su ancho nominal y no mayor que 6 veces este mismo.

- La altura libre del pilar no debe exceder 5 veces la longitud nominal del pilar.

- Columnas

- El ancho nominal de la columna no debe ser menor de 305 mm.
- La distancia entre el soporte lateral de la columna no debe exceder 30 veces su ancho nominal
- La longitud nominal de la columna no debe ser menor que 305 mm y no mayor que 3 veces su ancho nominal

a) Tipos de reforzamiento y generalidades

- Tamaño Máximo: el número máximo de reforzamiento (barra) debe ser el N° 11, cuya área debe ser el 6 % del área de la celda con empalmes y 12% sin empalmes.
- Recubrimiento: todas las barras deben tener un recubrimiento mínimo con mortero o “grouted” de 19 mm.
- Longitud de desarrollo

$$L_d = 0.002 d_b + f_s^{52} \text{ (a tensión)}$$

$$L_d = 0.0015 d_b * f_s \text{ (a compresión)}$$

- Esfuerzos por adherencia al esfuerzo

Los esfuerzos de adherencia (u) para las barras de reforzamiento:

- Para barras lisas (“plain bars”) -----→ 60 psi (413 KPa)
- Para barras corrugadas (“deformed bars”)--→ 200 psi (1378 KPa)

⁵² db y fs medidas en pulgadas (in)

➤ Ganchos

- El termino “standard hook” se refiere a los siguientes casos:
 - Dobladados a 180° con una extensión de al menos 4 ϕ de la barra, pero no menor de 63 mm
 - Doblado a 90° con una extensión de por lo menos 12 ϕ de la barra

➤ Empalmes

- Cuando los empalmes están separados por 76 mm o menos, la longitud de empalme requerida debe aumentar un 30%.

II.7 Requisitos mecánicos mecánicas de las unidades tipificadas de mampostería según la FEMA.

II.7.1 Propiedades de los materiales y condiciones de medición

Como ya se ha dicho anteriormente el término “mampostería” define la composición de unidades de mampostería, mortero y posible grouter y/o reforzamiento. En vista de la variabilidad de las propiedades del conjunto, como se ha explicado en el apartado “Comportamiento mecánico”, de forma tal que se garantiza la calidad de los materiales según los lineamientos de la UBC; FEMA 273 y 274 dicta especificaciones recomendadas para controlar la manufactura de estas mamposterías, de forma tal que se garantiza el comportamiento esperado de esta en su análisis de rigidez.

Dichas propiedades son medibles bajo ciertos procedimientos que en los lineamientos se sugieren, dando de igual forma valores mínimos establecidos para que se garantice que el comportamiento de la mampostería en estudio este dentro del universo de muestras estudiadas en dichas investigaciones. Estos valores mínimos

requeridos, así como los procedimientos oficialmente aprobados para su medición son dados a continuación:

II.7.2 URM mampostería no reforzada

a) Compresión del murete (Esfuerzo a compresión f'_m)

Existen 3 métodos para medir el esfuerzo a compresión de la mampostería, los cuales se explican a continuación:

Método 1: Extracción del espécimen representativo de la mampostería existente.

Se extrae un prisma de la mampostería y es transportado al laboratorio. Los prismas de muestra son sometidos a esfuerzos de compresión vertical, hasta que alcance el esfuerzo máximo. La altura del prisma debe ser por lo menos dos veces su espesor, con un valor mínimo de 15 pulgadas y debe tener un mínimo de 2 juntas.

Método 2: Preparación del murete con la calidad de los materiales de la mampostería existente. El prisma debe ser fabricado con unidades de mampostería acorde a la pared a evaluar. Se debe simular las propiedades del mortero (pego) usado originalmente, a través de un análisis químico.

Método 3: Ensayo en sitio de la mampostería existente

Consiste en cortar ranuras en dos capas de mortero (en la pared a evaluar), de 4 a 6 unidades de distancia, de manera de introducir 2 placas que comprimirá la mampostería registrando el record de la carga vs la deformación.

Resistencia de f'_m por defecto al no usar ningún método señalado anteriormente.

De forma opcional, en lugar de hacer las pruebas señaladas anteriormente la resistencia f'_m de la mampostería (con bloque macizo o hueco) existente se puede asumir de a manera siguiente: no mayor de 900 psi (63,27 Kg/ cm²) para la mampostería en buenas condiciones, 600 psi (42,18 Kg/ cm²) para la mampostería en la

condición media o regular, y 300 psi (21,09 Kg/ cm²) para la mampostería en la condición pobre.

Comparando estos valores con los indicados en la Tabla 21-M y la 21-D del UBC 1997, corresponden a los valores más favorables en el diseño empírico y el más desfavorable por el método de los esfuerzos admisibles, considerando que no se generó ningún control de calidad; es decir, estos valores mínimos por defecto corresponden a 900 psi para mampostería reforzada y 300 psi para no reforzada.

Método Empírico.

TABLE 21-M—ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESSES FOR EMPIRICAL DESIGN OF MASONRY

CONSTRUCTION: COMPRESSIVE STRENGTH OF UNIT, GROSS AREA	ALLOWABLE COMPRESSIVE STRESSES ¹ GROSS CROSS-SECTIONAL AREA (psi)	
	× 6.89 for kPa	
× 6.89 for kPa	Type M or S Mortar	Type N Mortar
Solid masonry of brick and other solid units of clay or shale; sand-lime or concrete brick:		
8,000 plus, psi	350	300
4,500 psi	225	200
2,500 psi	160	140
1,500 psi	115	100
Grouted masonry, of clay or shale; sand-lime or concrete:		
4,500 plus, psi	275	200
2,500 psi	215	140
1,500 psi	175	100
Solid masonry of solid concrete masonry units:		
3,000 plus, psi	225	200
2,000 psi	160	140
1,200 psi	115	100
Masonry of hollow load-bearing units:		
2,000 plus, psi	140	120
1,500 psi	115	100
1,000 psi	75	70
700 psi	60	55
Hollow walls (cavity or masonry bonded) ² solid units:		
2,500 plus, psi	160	140
1,500 psi	115	100
Hollow units	75	70
Stone ashlar masonry:		
Granite	720	640
Limestone or marble	450	400
Sandstone or cast stone	360	320
Rubble stone masonry		
Coarse, rough or random	120	100
Unburned clay masonry	30	—

¹Linear interpolation may be used for determining allowable stresses for masonry units having compressive strengths which are intermediate between those given in the table.

Diseño Controlado

TABLE 21-D—SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m (psi) BASED ON SPECIFYING THE COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY UNITS

COMPRESSIVE STRENGTH OF CLAY MASONRY UNITS ^{1, 2} (psi)	SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m	
	Type M or S Mortar ³ (psi)	Type N Mortar ³ (psi)
	× 6.89 for kPa	
14,000 or more	5,300	4,400
12,000	4,700	3,800
10,000	4,000	3,300
8,000	3,350	2,700
6,000	2,700	2,200
4,000	2,000	1,600
COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE MASONRY UNITS ^{2, 4} (psi)	SPECIFIED COMPRESSIVE STRENGTH OF MASONRY, f_m	
	Type M or S Mortar ³ (psi)	Type N Mortar ³ (psi)
	× 6.89 for kPa	
4,800 or more	3,000	2,800
3,750	2,500	2,350
2,800	2,000	1,850
1,900	1,500	1,350
1,250	1,000	950

¹Compressive strength of solid clay masonry units is based on gross area. Compressive strength of hollow clay masonry units is based on minimum net area. Values may be interpolated. When hollow clay masonry units are grouted, the grout shall conform to the proportions in Table 21-B.

²Assumed assemblage. The specified compressive strength of masonry f'_m is based on gross area strength when using solid units or solid grouted masonry and net area strength when using ungrouted hollow units.

³Mortar for unit masonry, proportion specification, as specified in Table 21-A. These values apply to portland cement-lime mortars without added air-entraining materials.

⁴Values may be interpolated. In grouted concrete masonry, the compressive strength of grout shall be equal to or greater than the compressive strength of the concrete masonry units.

b) Módulo Elástico en Compresión (“Masonry Elastic Modulus in Compression”)

Los valores esperados del módulo elástico para la mampostería a la compresión, E_{me} , deben ser medidos usando uno de los dos métodos siguientes:

1. Los prismas de prueba deben ser extraídos de una pared existente, transportados a un laboratorio, y probados en compresión. Las tensiones y las deformaciones deben ser medidas para rangos de valores pequeños.
2. Dos gatos llanos deben ser insertados en el corte de ranuras en conexiones de cama de mortero, y presurizados hasta que el esfuerzo de compresión de la mampostería alcance la mitad del valor esperado. Las deformaciones entre los dos gatos llanos deben ser medidas para deducir la tensión compresiva, y el módulo así elástico.

El modulo elástico E_{me} se calcula como la pendiente de la curva esfuerzo-deformación entre el 5% y 33% del esfuerzo a compresión final esperada.

En lugar de pruebas de prisma, los valores para el módulo de elasticidad de la mampostería en la compresión deben ser tomados como 550 veces la mampostería esperada fuerza compresiva f'_{me} .

c) Resistencia a la tensión de Flexión de mampostería (“Masonry Flexural Tensile Strength”)

La resistencia a la tensión por flexión esperada, f_{te} , para la flexión fuera del plano⁵³ de la mampostería debe ser medida usando el método ASTM E 518.

En lugar de pruebas materiales, los valores por defecto (“default”) de la resistencia a la tensión de flexión de mampostería para paredes o paneles de relleno (“infill panel”) cargados de forma normal su plano deben ser tomados sin exceder 20 psi para la mampostería en buenas condiciones, 10 psi para la mampostería en la condición media o regular, y cero psi para la mampostería en la condición pobre.

La resistencia a la tensión de flexión para la mampostería no reforzada (URM) sujetas a fuerzas laterales en el plano deben ser asumidas iguales a flexión fuera del plano, a menos que las pruebas sean hechas para definir la resistencia a la tensión esperada.

d) Resistencia al corte de mampostería⁵⁴ (“Masonry Shear Strength”)

Para componentes URM, la resistencia al corte de mampostería esperada, V_{me} ⁵⁵, debe ser medida usando la prueba de corte en el plano

$$v_{me} = \frac{0.75 \left(0.75 v_{te} + \frac{P_{CE}}{A_n} \right)}{1.5}$$

⁵³ Las paredes que se diseñan como paredes portantes (“Bearing Wall”) también deben ser verificadas por flexión perpendicular a su plano, de acuerdo a las condiciones as ASTM e 518

⁵⁴ Ver capítulo 2108 de la UBC 1997

⁵⁵ Este valor del esfuerzo promedio esperado coincide en algunas variables con la planteada por el Ing. Castillas en su hipótesis de $V_m = 2.72 f/f'm + 1.44e$, citado en próximos capítulos.

Donde

P_{CE} = Fuerza de la gravedad que actúa aplicada en compresión a la pared o tensión de los componentes del “pilar” teniendo en cuenta las combinaciones de carga

A_n = Área de la sección neta de mortero / lechada, pulg²

V_{me} =Promedio de la cama común la resistencia al corte, psi

Los valores para la resistencia al corte de mortero, V_{te} , no deben exceder 100 psi para la determinación *de vme*.

El valor del esfuerzo de corte en la junta debe ser determinada de una prueba de corte individual a partir de la siguiente ecuación:

$$v_{to} = \frac{V_{test}}{A_b} - P_{D+L}$$

Donde V_{test} es la carga en el primer movimiento de una unidad de mampostería, A_b es la área neta del mortero de las conexiones encima y debajo del ladrillo de prueba, y P_{D+L} es la tensión de gravedad estimada en la posición de prueba.

En lugar de pruebas materiales, los valores por defecto de la resistencia al corte de la mampostería no reforzada (“running bond masonry”) deben ser tomados no mayores a 27 psi en buenas condiciones, 20 psi en condiciones medias y 13 psi para una condición pobre.

La prueba de corte en el plano no debe ser usada para estimar la resistencia al corte de la mampostería reforzada (RM).

e) Módulo de Corte de mampostería por corte (“Masonry Shear Modulus”)

El módulo de corte de la mampostería no reforzada o reforzada (G_{me}) debe ser estimada como 0.4 veces el módulo elástico a la compresión.

Después del agrietamiento, el módulo de corte debe ser tomado como una fracción de este valor basado en la cantidad del deslizamiento de o la aparición de grietas de tensión diagonales.

Luego ya de haber clasificado la mampostería en estudio según su grado de reforzamiento, se modelará cuáles son sus rigideces en dirección paralela al plano que lo contiene y el normal al mismo, de tal forma de obtener valores de esfuerzos y deformaciones determinados según el nivel de intensidad de fuerza que es sometida esta mampostería y compararlas con las aceptables. Para ello, la FEMA idealiza la mampostería como un muro de corte en voladizo fijo en su base o un pilar sujeto en la parte superior e inferior del mismo (para el caso de las mamposterías agujeradas con ventanas y puertas) ambos casos fijas contra la rotación.

II.7.3 Criterios de evaluación de la FEMA 273/274

Paredes no reforzadas en el plano (“URM In-Plane Walls”)

➤ Rigidez

La rigidez lateral del muro de mampostería y de los componentes del pilar se determinará en base a las dimensiones de las secciones mínimas netas de mampostería con mortero y/o lechada. La rigidez lateral de los muros de mampostería sometidos a fuerzas laterales en el plano se determinará teniendo en cuenta tanto las deformaciones a flexión como los de cortante. El conjunto unidades de mampostería, mortero, lechada de cemento se considera que como un medio homogéneo para los cálculos de rigidez con un módulo elástico previstos en la compresión, E_m .

Para los procedimientos lineales, la rigidez de una pared o pilar resistente a las fuerzas laterales paralelas con su plano deberá ser considerará lineal y proporcional con las propiedades geométricas de la sección sin fisuras. Para los procedimientos no lineales, la rigidez en el plano de las paredes URM o pilares se basa en el grado de agrietamiento.

La cortante de piso en paredes perforadas debe ser distribuida al pilar proporcional a la rigidez lateral relativa no fisurada de cada pilar. La rigidez para

nuevas, reforzadas y paredes existentes deben ser determinadas usando los mismo principios mecánicos.

➤ Criterios de Aceptación de fuerza

Muros de mampostería y pilares no reforzada serán considerados como componentes controlados por la deformación si su resistencia lateral limite menor esperada en su junta (“bed-joint”) al corte o la flexión (“sliding shear or rocking”) dados por las ecuaciones 7-3 y 7-4 son menores al menor valor de resistencia lateral limite por tensión diagonal o “toe compressive stress”, dados en las ecuaciones 7-5 y 7-6. En caso contrario los componentes deben ser considerados como controlados por los esfuerzos.

A. Resistencia lateral esperada en paredes y pilares (Cortantes).

La resistencia lateral esperada de los componentes de paredes y pilares URM existentes están basadas en la resistencia al corte (“sliding shear strength”) o resistencia a la flexión esperada (“expect rocking strength”) de sus juntas (“bed-joints”) según como lo indica las ecuaciones 7-3 y 7-4, respectivamente. La resistencia de cada pared o pilar URM debe ser menor que:

$$Q_{CE} = V_{bjs} = v_{me} A_n \quad (7-3)$$

$$Q_{CE} = V_r = 0.9 \alpha P_{CE} \left(\frac{L}{h_{eff}} \right) \quad (7-4)$$

Donde

A_n = área de la sección neta de mortero o lechada en pulg².

h_{eff} = Altura sometida a la fuerza lateral. pulg

L = longitud de la pared o pilar. pulg

P_{CE} = Fuerza axial a compresión vertical esperada por combinación de carga en ecuaciones 3-2 y 3-3.

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L + Q_S) \quad (3-2) \quad \begin{array}{l} Q_D = \text{Carga Muerta} \\ Q_L = \text{Carga Viva} \\ Q_S = \text{Carga por nieve} \end{array}$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (3-3)$$

V_{me} = Resistencia al corte (“sliding”) esperada de la junta (“bed-join”).

V_{bjs} = resistencia lateral de la pared o pilar en base a la resistencia al corte de sus juntas en libras.

V_r = resistencia a la flexión lateral de la pared o pilar en libras.

α = Factor igual a 0,5 para la pared cantiléver (apoyos emporado-libre) o igual a 1,0 para pilares (apoyos empotrado-empotrado).

B. Resistencia lateral por tensión en diagonal de paredes y pilares.

La resistencia lateral en paredes y pilares no reforzados debe ser limitado por los esfuerzos diagonales por tensión o los esfuerzos de compresión (“toe compressive stress”), según como lo indica las ecuaciones 7-5 y 7-6 respectivamente. La resistencia lateral de paredes y pilares no reforzadas deben ser menores que el valor de Q_{cl} dado por estas dos ecuaciones.

Si $0.67 < L / h_{eff} < 1.00$ entonces:

$$Q_{CL} = V_{dt} = f'_{dt} A_n \left(\frac{L}{h_{eff}} \right) \sqrt{1 + \frac{f_a}{f'_{dt}}} \quad (7-5)$$

$$Q_{CL} = V_{tc} = \alpha P_{CL} \left(\frac{L}{h_{eff}} \right) \left(1 - \frac{f_a}{0.7 f'_m} \right) \quad (7-6)$$

Donde A_n , h_{eff} , L , y f_a son los mismos dados en las ecuaciones 7-3 y 7-4, y:

f_a = mayor valor del esfuerzo a compresión axial vertical por flexión en psi, dado en la ecuación 3-2

f'_{dt} = menor valor de la resistencia tensional diagonal de la mampostería en psi

$f'm$ = menor valor de la resistencia a compresión por flexión de la mampostería en psi

PCL = menor valor de la fuerza a compresión vertical de la combinación de fuerzas en libras según la ecuación 3-3.

Vdt = resistencia lateral limite debido al esfuerzo tensional diagonal en libras.

Vtc = resistencia lateral limite por compresión (“toe compression”) en libras.

Para la determinación de Vdt , la resistencia al corte de la junta, Vme , puede ser sustituida por la resistencia a la tensión diagonal, en la Ecuación 7-5. La menor resistencia de compresión de la fibra límite, se tomará como la resistencia esperada, Fme , dividido por 1,6.

C. Resistencia a la compresión vertical de paredes y pilares.

La menor resistencia a la compresión vertical de los componentes de paredes y pilares no reforzados (URM) deben estar limitados por los esfuerzos a compresión de la mampostería, indicado en la ecuación 7-7 donde $f'm$ es igual a la resistencia esperada $f'm$, dividido por 1.6.

$$Q_{CL} = P_c = 0.80(0.85f'_m A_n) \quad (7-7)$$

Si se usa el procedimiento estático lineal, las fuerzas verticales de gravedad y efectos sísmicos deben ser menores que la menor resistencia lateral, Q_{CL} .

a) Paredes reforzadas en su plano (“Reinforced Masonry In-Plane Walls”)

➤ **Rigidez:** la rigidez de los componentes de una pared o pilar reforzados en su plano debe estar basada en:

- La sección agrietada, cuando el análisis es hecho para mostrar que el componente se agrietara cuando este sujeto al nivel esperado de fuerza lateral y axial.⁵⁶

La rigidez de paredes existentes y nuevas será asumida como la misma.

⁵⁶ Similar a una sección de concreto armado

➤ Resistencia a la flexión esperada

La resistencia esperada a flexión de una pared o pilar de RM debe ser determinada basados en las siguientes hipótesis:

- La resistencia a la tracción de la mampostería debe ser omitida del cálculo de la resistencia a flexión de la sección transversal de la mampostería reforzada.
- Esfuerzo de compresión a la flexión en mampostería, se entenderá que se distribuye a través de un bloque rectangular de tensiones equivalente. El esfuerzo de la mampostería será de 0,85 veces la resistencia esperada a la compresión, F_{ME} , se distribuye uniformemente sobre una zona de compresión equivalente delimitada por los bordes de la sección transversal y con una profundidad igual a 85% de la profundidad del eje neutro a la fibra de la cepa compresivos máximo .
- Deformaciones en el reforzamiento y mampostería se deben considerar lineal y transversal a la sección de la pared o pilar. Con el propósito de determinar las fuerzas en las barras de refuerzo distribuidas transversales a la sección. La máxima deformación por compresión en la mampostería debe ser asumida como igual a 0.003.

➤ Resistencia al corte de paredes

El menor valor de resistencia al corte de un componente de pared o pilar, V_{cl} , debe ser determinado usando la ecuación 7-8.

$$Q_{CL} = V_{CL} = V_{mL} + V_{sL} \quad (7-8)$$

Donde

V_{mL} = Menor valor de resistencia al corte provisto en la mampostería en libras

V_{sL} = Menor valor de resistencia al corte provisto por el reforzamiento en libras

El menor valor de resistencia al corte de una pared o pilar de RM, no debe exceder la fuerza de corte dada por la ecuación 7-9 y 7-10.

Para M/Vdv menor que 0.25:

$$V_{CL} \leq 6 \sqrt{f'_m} A_n \quad (7-9)$$

Para M/Vdv mayor que 1.00:

$$V_{CL} \leq 4 \sqrt{f'_m} A_n \quad (7-10)$$

Donde:

A_n = Área de la sección neta de mortero o grouter en pulgadas cuadradas.

f'_m = Resistencia a la compresión de la mampostería en psi

M = Momento en la sección de mampostería en in-lb.

V = Corte en la sección de mampostería en lb.

dv = Ancho de la pared en dirección de la fuerza de corte, en in.

El menor valor de resistencia al corte, V_{ml} , resistido por la mampostería debe ser determinado usando la ecuación 7-11

$$V_{mL} = \left[4.0 - 1.75 \left(\frac{M}{Vd_v} \right) \right] A_n \sqrt{f'_m} + 0.25 P_{CL} \quad (7-11)$$

Donde M/Vdv necesita ser tomado mayor que 1.00 y P_{cl} , es el menor valor de la fuerza a compresión vertical en Pounds basado en las combinaciones de carga dadas en las ecuaciones 3-2 y 3-3.

El menor valor de la resistencia al corte, V_{sl} , resistido por el reforzamiento debe ser determinado usando la ecuación 7-12

$$V_{sL} = 0.5 \left(\frac{A_v}{s} \right) f_y d_v \quad (7-12)$$

Donde:

A_v = Área de corte del reforzamiento en in²

S = espaciamiento entre el refuerzo de corte en in.

F_y = menor valor de resistencia sedente del refuerzo al corte en psi.

II.8 Análisis de la mampostería reforzada y no reforzada según UBC 1997 o IBC

2009

II.8.1. Resumen: esfuerzos admisibles para diseño

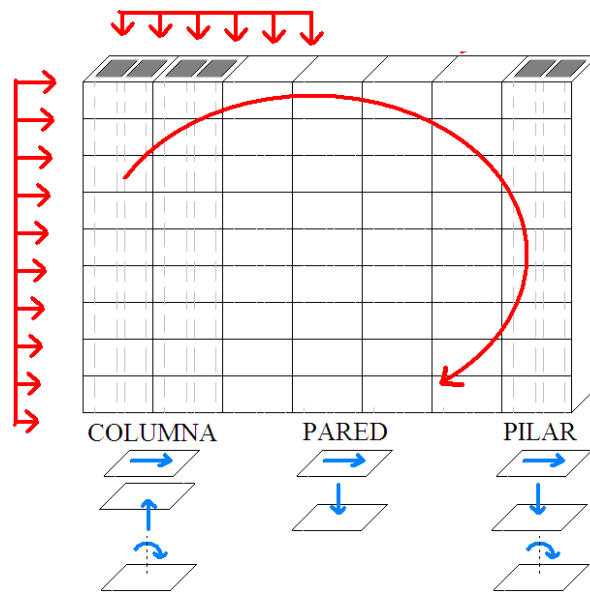


Figura 49 Esfuerzo sobre pared no reforzada. Elaboración Propia

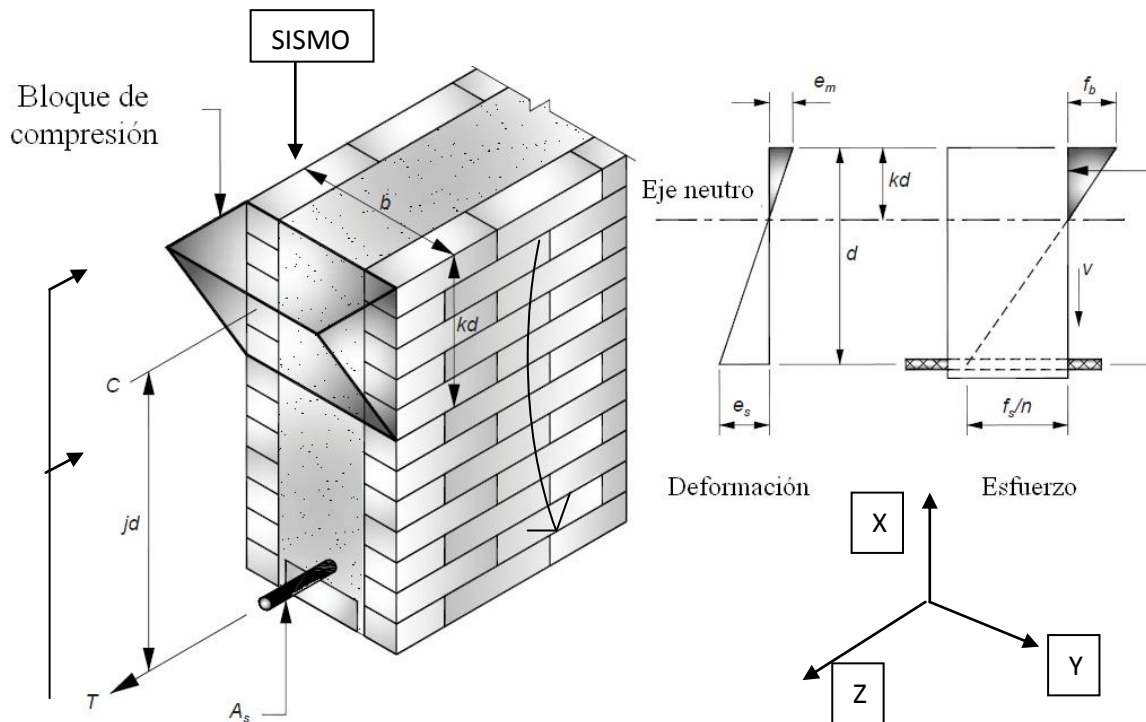


Figura 50 Sistema de Referencias y Distribución de esfuerzos. Ref 2

a) Mampostería reforzada

Esfuerzos generados por solicitaciones

- Compresión $f_a = P / A_e$
- Tracción: se asume cero.
- Flexión:

- Por tracción: $f_s = \frac{M}{A_s j d}$

- Por Compresión: $f_v = \frac{V}{b j d}$

- Corte: $f_v = \frac{V}{b j d}$

Esfuerzos admisibles por calidad de materiales

- Compresión:
- Columna:

$$P_a = [0.25f'_m A_e + 0.65A_s F_{sc}] \left[1 - \left(\frac{h'}{140r} \right)^2 \right]$$
$$345h' / M \leq$$

$$P_a = [0.25f'_m A_e + 0.65A_s F_{sc}] \left(\frac{70r}{h'} \right)^2$$
$$345h' / M >$$

- Pared y pilar:

$$F_a = 0.25f'_m \left[1 - \left(\frac{h'}{140r} \right)^2 \right] \text{ for } h'/r \leq 99$$

$$F_a = 0.25f'_m \left(\frac{70r}{h'} \right)^2 \text{ for } h'/r > 99$$

- Tracción: se asume cero.

- Flexión: $F_b = 0.33 f'_m$

- Corte:

Con reforzamiento:

- Pared:

Para $M/Vd < 1$,

$$F_v = 1/3 \left(4 - \frac{M}{Vd} \right) \sqrt{f'_m}, \left(80 - 45 \frac{M}{Vd} \right) \text{ Máximo}$$

Para $M/Vd \geq 1$, $F_v = 1.0 \sqrt{f'_m}$, 35 psi Máximo

- Columna y pilar: $F_v = 3.0 \sqrt{f'_m}$.

Sin reforzamiento:

- Pared:

Para $M/Vd < 1$,

$$F_v = 1/2 \left(4 - \frac{M}{Vd} \right) \sqrt{f'_m}, \left(120 - 45 \frac{M}{Vd} \right) \text{ Máximo}$$

Para $M/Vd \geq 1$, $F_v = 1.5 \sqrt{f'_m}$, 75 psi Máximo

- Columna y pilar:

$$F_v = 1.0 \sqrt{f'_m}$$

b) Mampostería no reforzada

Esfuerzos generados por solicitaciones

- Compresión $f_a = P / A_e$
- Tracción: no se asume cero.
- Flexión: $f_b = Mc/I$
- Corte: $f_v = V / A_e$
- Tendría las mismas características (esfuerzos admisibles) de la pared en el caso de mampostería RM, en cuanto a cálculo de compresión y flexión por flexo-compresión, considerando las siguientes variaciones:
- Se asume que el esfuerzo de corte por flexión, debe ser igual al de un pilar en el caso de mampostería RM sin reforzamiento, es decir: $F_v = 1.0 \sqrt{f'_m}$
- El esfuerzo de corte sobre pared debe ser:

Unidades de arcilla ----- >

$$F_v = 0.3 \sqrt{f'_m}, 80 \text{ psi Máximo}$$

Unidades de concreto con mortero tipo M o S --

$$> F_v = 34 \text{ psi (234 kPa) Máximo}$$

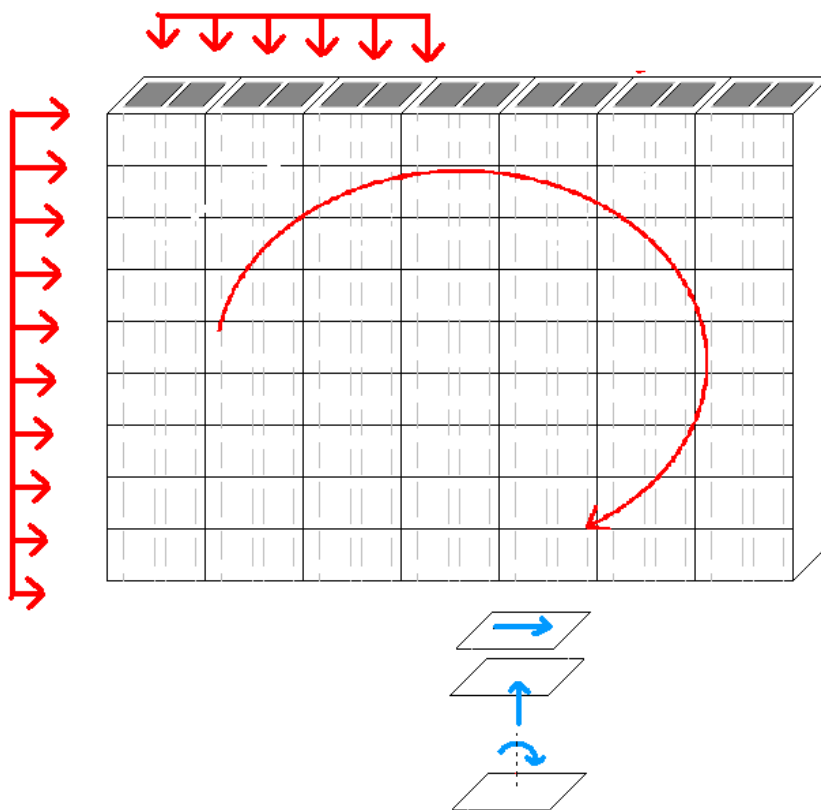
Unidades de concreto con mortero tipo N---→

$$F_v = 23 \text{ psi (158 kPa) Máximo}$$

- Se considera el esfuerzo por aplastamiento donde $F_{br} = 0.26 f'_m$

II.8.2 Resumen: esfuerzos de resistencia para diseño

Figura 51 Esfuerzo sobre pared reforzada. Elaboración propia



a) Elementos no planos (beam, column)

Son elementos sometidos a esfuerzos de aplastamiento o carga axial y de corte.

Resistencia Nominal

- Carga axial $P_n = 0.80[0.85f'_m(A_e - A_s) + f_y A_s]$

- Corte $V_n = V_m + V_s$

- ◇ $V_s = A_e \rho_n f_y$

- ◇ $V_m = C_d A_e \sqrt{f'_m}, 63 C_d A_e$ Máximo

1. ELEMENTOS PLANOS

- Carga axial: $P_o = 0.85 f'_m (A_e - A_s) + f_y A_s$

Con $P_u \leq 0.80 \phi P_o$

- Corte: $V_n = V_m + V_s$

$$V_m = C_d A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_m = 0.083 C_d A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_s = A_{mv} \rho_n f_y$$

Pórticos rellenos: (Infill frame):

- Corte:

$$V_n = V_m + V_s$$

$$V_m = C_d A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_m = 0.083 C_d A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_s = A_{mv} \rho_n f_y$$

$$V_m = 1.2 A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_n \leq 4 A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

ii. OUT-PLANE

1. Con un aplastamiento menor a 0.04 f'm

$$P_u = P_{uw} + P_{uf}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$\frac{P_w + P_f}{A_g} \leq 0.04 f'_m$$

$$M_n = A_{se} f_y (d - a/2)$$

$$A_{se} = (A_s f_y + P_u) / f_y,$$

$$M_u = \frac{w_u h^2}{8} + P_{uf} \frac{e}{2} + P_u \Delta_u$$

$$a = (P_u + A_s f_y) / 0.85 f'_m b$$

2. Con un aplastamiento mayor a 0.04 f'm

$$V_n = 2A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

3. Por deflexión

$$\Delta_s = 0.007h \quad M_{cr} = S f_r \quad \Delta_s = \frac{5 M_s h^2}{48 E_m I_g} \text{ for } M_{ser} \leq M_{cr}$$

$$\Delta_s = \frac{5 M_{cr} h^2}{48 E_m I_g} + \frac{5 (M_{ser} - M_{cr}) h^2}{48 E_m I_{cr}} \text{ Para } M_{cr} < M_{ser} < M_n$$

- Para mampostería con unidades rellenas completamente de grouted:

$$f_r = 4.0 \sqrt{f'_m}, 235 \text{ psi Máximo}$$

- Para mampostería con unidades rellenas parcialmente de grouted:

$$f_r = 2.5 \sqrt{f'_m}, 125 \text{ psi Máximo}$$

- Para paredes de ladrillo con dos muretes

$$f_r = 2.0 \sqrt{f'_m}, 125 \text{ psi r Máximo}$$

CAPITULO III

Metodología

III.1 Mampostería de bloques con perforaciones verticales reforzada con trabas verticales de concreto simple.

III.1.1 Desarrollo Teórico y suposiciones.

El diseño y análisis de sistemas estructurales de mampostería reforzada a través del método de diseño por esfuerzos permisibles (ASD) asume que los esfuerzos a compresión son resistidos por la mampostería y los esfuerzos de tracción por el reforzamiento, es decir, el acero de refuerzo. Estos esfuerzos limite permisibles, son fijados según las propiedades de cada material y son originados por las acciones o fuerzas reales a la que puede ser sometida la estructura en su vida útil.

Los principales criterios adoptados para la modelación de este tipo de mampostería en particular, es decir, mampostería de bloques de concreto hueco reforzada con trabas verticales de concreto simple, serán las asumidas con dicho método sumado otras consideraciones, las cuales presentaremos a continuación:

Criterios adoptados por el método de ASD:

1. Las secciones planas antes de la flexión se mantienen planas durante y después de la flexión.
2. Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones, la cual es proporcional a su distancia al eje neutro.
3. El modulo elástico de la sección transformada es constante en todo el miembro.
4. La mampostería no resiste esfuerzos traccionales.

5. Se considera a los elementos combinados mampuestos como un miembro homogéneo e isotrópico.
6. Los momentos y esfuerzos, externos e internos se mantienen en equilibrio.

Suposiciones propias del modelo.

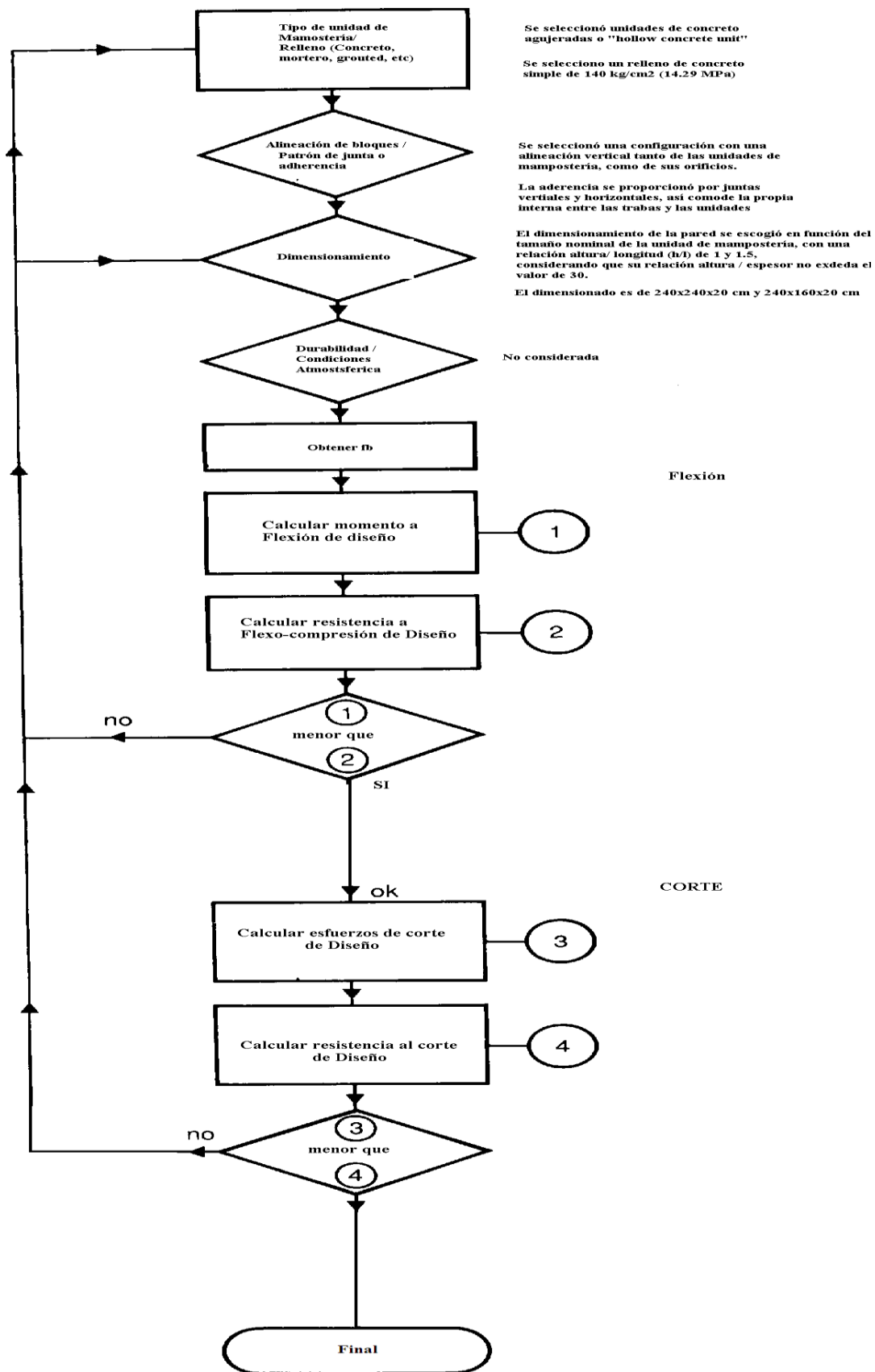
7. Se considerará que la pared estará sujeta a una combinación de carga axial y de flexión⁵⁷.
8. La interacción carga axial y de momento estará restringida por la ecuación unitaria de flexo-compresión.
9. Se asumirá que la sección es transformada y no agrietada.
10. Se considera el momento de inercia de la sección gruesa transformada.

III.1.2 Algoritmo de diseño y evaluación del modelo Simple

Con el objeto de realizar la modelación se procedió a seguir el procedimiento indicado en el siguiente diagrama de flujo, donde se indican los pasos generales, para luego ser expuesto uno a uno en el presente capítulo.

⁵⁷ Esto es particularmente cierto en paredes portantes ("bearing walls") que llevan cargas de pisos y techos y están sujetas a fuerzas laterales de viento o terremotos, aunque es este último quien predomina en la definición del diseño.(Amrthein & Porter, 2009).

Figura 52 Diagrama de flujo para el diseño de mampostería estructural. Elaboración Propia



58

⁵⁸ Tomado de Handbook to BS5628. Parte 2. Sección 2.Reinforced Masonry..Pág. 33.

a) *Definición de tipos de unidades y Mortero*

Para la realización de este modelo de mampostería se asumieron valores idealizados tanto de características del conjunto (murete y muro) como de cada uno de sus elementos componentes (bloque y mortero), los cuales corresponden con ciertos lineamientos o regulaciones tanto mecánicas como geométricas; de tal manera que corresponden a los valores requeridos por normativas o lineamientos que regulan su construcción internacionalmente.

Para el caso de la caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales se utilizó el amplio registro de valores estipulados por la norma UBC 1997, por lo que los resultados arrojados en este trabajo especial de grado están sujetos al cumplimiento de los requerimientos prestos en este código.

Por otro lado, en vista de la alta compatibilidad y claridad en la formulación, filosofía y categorización del diseño de mampostería del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 con la norma internacional UBC 1997 y IBC 2000, se tomó dicha formulación para el diseño de la mampostería reforzada con trabas verticales. Como se mostrará a continuación:

➤ Calidad de los materiales:

- *Mortero de pega (junta)*

Para mortero del tipo M⁵⁹, la norma colombiana fija un valor a compresión de 17.5 MPa (2439,6 psi).

- *Unidad de mampostería (bloque):* El código UBC 1997 estima un valor mínimo teórico para el esfuerzo a compresión de una unidad de mampostería de concreto agujerada (“Hollow concrete unit”) en la sección neta de 11,7 MPa

⁵⁹ Diseño de mezcla

(1700 psi), 13,1 MPa (1900 psi), pero para darle un carácter reforzado a la mampostería usaremos 22,0 MPa (2857,1 psi).

- *Concreto de relleno (traba):* para el concreto de relleno según la norma colombiana debe estar en el intervalo de $1,25 f'_m < R_r < 1,5 f'_m$, que para el caso particular sería 13,76 y 16.52; por lo que cumpliría dicha condición un concreto de 14,0 MPa (140 Kg/cm²)

- *Mampostería (muro):* Para el cálculo de la resistencia a compresión y del murete se usó la ecuación D.3.7-1, D.3.7-2, donde se considera la calidad de los materiales y la condición de llenado de la unidad por concreto, así como la ecuación D.5.2-2, para el calculo de su modulo de elasticidad.

Tabla 9. Valores asumidos de las propiedades mecánicas del modelo		
$f'_{cu} =$	22.000	MPa
$h =$	2400.000	mm
$K_p =$	1.400	adm
$f'_{cp} =$	17.500	MPa
$R_m = \left(\frac{2h}{75 + 3h} \right) f'_{cu} + \left(\frac{50k_p}{75 + 3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8 f'_{cu} \quad (\text{D.3.7-1})$		
$R =$	14.680	MPa
$f'_m = 0.75 R_m \quad (\text{D.3.7-2})$ $f'_{m1} =$	11.010	MPa
$E_m = 900 f'_m \leq 20\,000 \text{ MPa} \quad (\text{D.5.2-2})$	8997.470	MPa
$K_r =$	0.900	adm
$f'_{cr} =$	14.000	MPa
$f'_m = 0.75 [r R_m + 0.9 k_r (1 - r) f'_{cr}] \leq 0.94 R_m \quad (\text{D.3.7-3})$	9.997 ⁶⁰	MPa
$f'_{m2} =$		
$r =$	0.595	adm

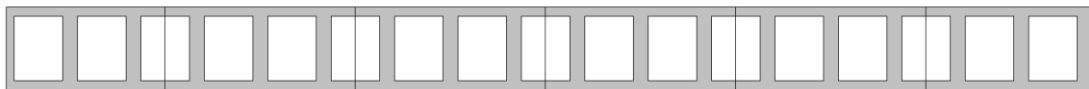
b) Alineación de bloques y patrón de juntas

⁶⁰ El valor obtenido por Prof. Enrique Castillas con materiales de uso común dieron un resultado del orden de 1.79 MPa (17,56 kg/cm²).

Se selecciono una configuración donde tantos los bloques como las perforaciones verticales en ellos estuvieran alineados verticalmente, de foma tal de poder realizar el vaciado de forma alternativa del concreto simple en sus cavidades (una cavidad rellena seguida de otra vacía).

Alineación de bloques de concreto armado agujerados vertialmente sin concreto.

Figura 53. Configuración de modelo sin relleno. Elaboración Propia



Alineación de bloques de concreto armado agujerados vertialmente rellenos alternativamente con concreto simple.

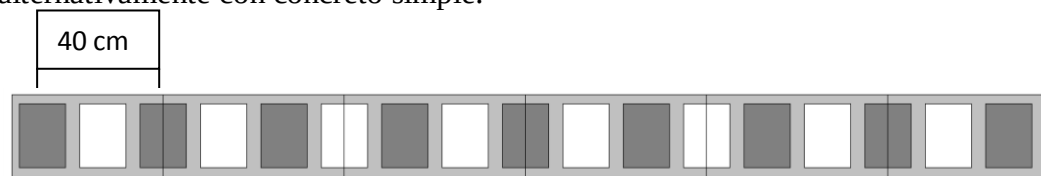


Figura 54.A Configuración de modelo sin relleno. Elaboración Propia

La junta se dará de forma perimetral a la cara expuesta al exterior, es decir, el bloque contará con una junta horizontal y vertical simultáneamente.



Figura 54.B .Juntas en el modelo
Elaboración Propia

c) Dimensionamiento del modelo

La unidad de mampostería seleccionada fue de concreto agujerada, con las resistencias indicadas en el capitulo anteriores, con un dimensionamiento que mostraremos a continuación:

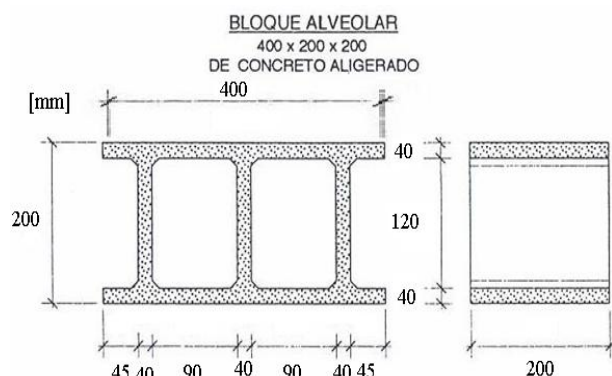


Figura 54.C Dimensionamiento del bloque. Elaboración Propia

Para la configuración de los muros de mampostería estructural con esbelteces de 1,0 y 1,5⁶¹, se utilizó una unidad con el dimensionamiento mostrado en la figura.

Para su onfiguración se tomaron un total de

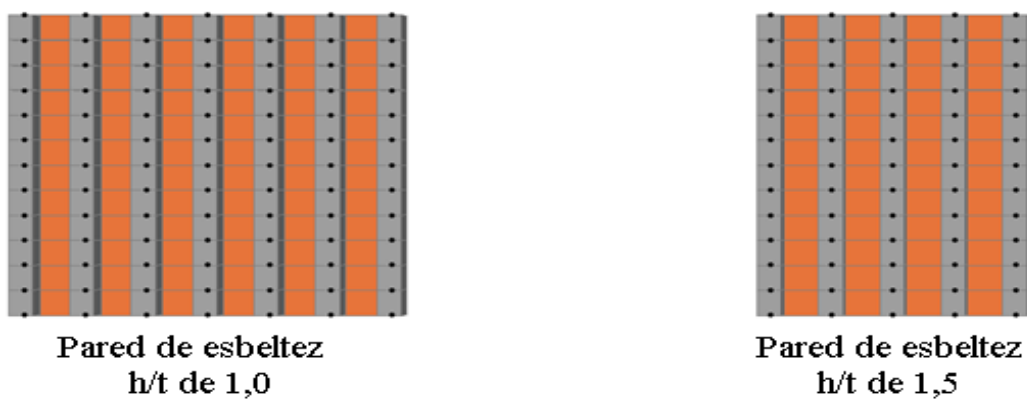


Figura 55. Esbelteces del Modelo Discreto . Elaboración Propia

d) Modelo Simple.

Se considero a la pared de mampostería como un elemento sometido a carga vertical y horizontal en su plano (viga cantiléver), simulando las cargas que debe soportar una pared portante junto a la acción posible de un sismo

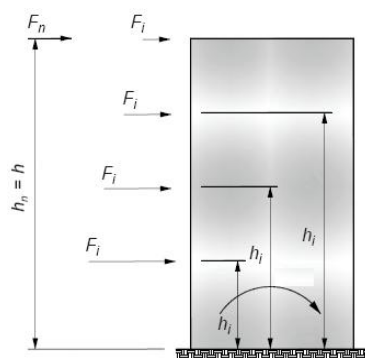


Figura 56. Fuerzas aplicadas a pared. Elaboración Propia

e) Calculo de los esfuerzos a flexión (fb)

Para el cálculo de estos esfuerzos (fb) fue necesario determinar el momento flector en la pared y en consecuencia la fuerza sísmica a la cual pudiera ser sometida la mampostería. Se tomo el método estático equivalente de la Norma COVENIN 1756.

Estas fuerzas se calcularon en función de la carga que debieran sostener de su peso propio y por sobrecarga de otros elementos, considerando que se trata de una pared portante o “bearing wall”, cálculos resumidos en la siguiente tabla:

⁶¹ Para el caso de los ensayos del Prof. Castillas las esbelteces de los muros fue de 0,76; 0,9 y 1,26.

Considerando que la mampostería estructural será sometida a condiciones que tipificadas por la norma Venezolana COVENIN 1756, el periodo del edificio a la que pertenece la mampostería en estudio asigna una forma espectral S1 con un β de 2.4, una aceleración en roca de 0.15 y un factor de reducción de respuesta en servicio de 1.4^{62} ; la ordenada del espectro de diseño A_d será igual a 0.3.

Este valor de R, no está en función a lo que proponen los colombianos para mampostería con

estas características que es 1, sino según la reducción que indica código UBC(Capitulo 16) para el método de los esfuerzos admisibles para mampostería no reforzada, donde el refuerzo no se utiliza para resistir las fuerzas de diseño según como lo indica dicho capitulo, sección 2107.3.

1612.3 Load Combinations Using Allowable Stress Design.

1612.3.1 Basic load combinations. Where allowable stress design (working stress design) is used, structures and all portions thereof shall resist the most critical effects resulting from the following combinations of loads:

$$D \quad (12-7)$$

$$D + L + (L_r \text{ or } S) \quad (12-8)$$

$$D + \left(W \text{ or } \frac{E}{1.4} \right) \quad (12-9)$$

$$0.9D \pm \frac{E}{1.4} \quad (12-10)$$

$$D + 0.75 \left[L + (L_r \text{ or } S) + \left(W \text{ or } \frac{E}{1.4} \right) \right] \quad (12-11)$$

No increase in allowable stresses shall be used with these load combinations except as specifically permitted elsewhere in this code.

D.2.1.2 — MAMPOSTERÍA REFORZADA — Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.7. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (*DES*) cuando todas sus celdas se inyectan con mortero de relleno o cuando se cumpla con los requisitos adicionales de refuerzos mínimos descritos en D.7.2.1.1, y como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (*DMO*) cuando sólo se inyectan con mortero de relleno las celdas verticales que llevan refuerzo.

A.3.2.1.1 — Sistema de muros de carga — Es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo y en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales. Véase la tabla A.3-1.

A.3.1.3 — CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA MÍNIMA REQUERIDA — Dependiendo del tipo de material estructural y de las características del sistema de resistencia sísmica se establecen los grados de capacidad de disipación de energía mínimos (*DES*, *DMO*, o *DMI*) que debe cumplir el material estructural en las diferentes zonas de amenaza sísmica definidas en el Capítulo A.2. Véanse las tablas A.3-1 a A.3-4.

⁶² Reducción que presenta el código UBC 1997 para el cálculo de fuerza de serviciabilidad o uso (working stress) según el método de esfuerzos admisibles.

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor R_0 (Nota 2)	Valor Ω_0 (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
i.Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos

Tabla 10. Fuerzas sobre modelos							
Propiedades de las paredes	Pisos Superiores / Esbeltez	1	2	3	4	5	Área Efectiva Ae
		Carga muerta (CM)–Peso Propio- (Kg)					
		1258,95	2517,9	3776,85	5035,8	6294,75	2856
		854,85	1709,7	2564,55	3419,4	4274,25	1904
		CM(Kg) + [Sobrecarga Permanente (SCP) + Carga variable] CM + (3000 Kg @ Piso)					
	1	5458,95	10917,9	16376,85	21835,8	27294,75	
	1,5	4004,85	8009,7	12014,55	16019,4	20024,25	
	FR (ton) SISMO REDUCIDO EN EL RANGO ELASTICO						
Método Estático Equivalente	1	0,31	0,60	0,87	1,14	1,39	
	1,5	0,23	0,44	0,64	0,83	1,02	
	Ad	μ					
	0,3	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	
	Momento generado por fuerzas sísmica según METODO ESTATICO EQUIVALENTE (Kg-m)						
	748,66	1441,16	2096,24	2725,11	3334,92		
	549,24	1057,28	1537,86	1999,22	2446,60		
	Excentricidad inducida por momento (e=M/P) cm						
	13,71	13,20	12,80	12,48	12,22		
	13,71	13,20	12,80	12,48	12,22		

Posteriormente, se procedió a calcular la inercia efectiva de la sección transformada de la pared, según la disposición de las cavidades rellenas con concreto simple y dimensionamiento resultante de la sección transformada expuesto en las siguientes imágenes:

	Tabla 11. Esfuerzo compresión (efectivo)(kg/cm ²)				
Pisos					
Superiores	1	2	3	4	5
	1,91	3,82	5,73	7,65	9,56
	2,1	4,21	6,31	8,41	10,52

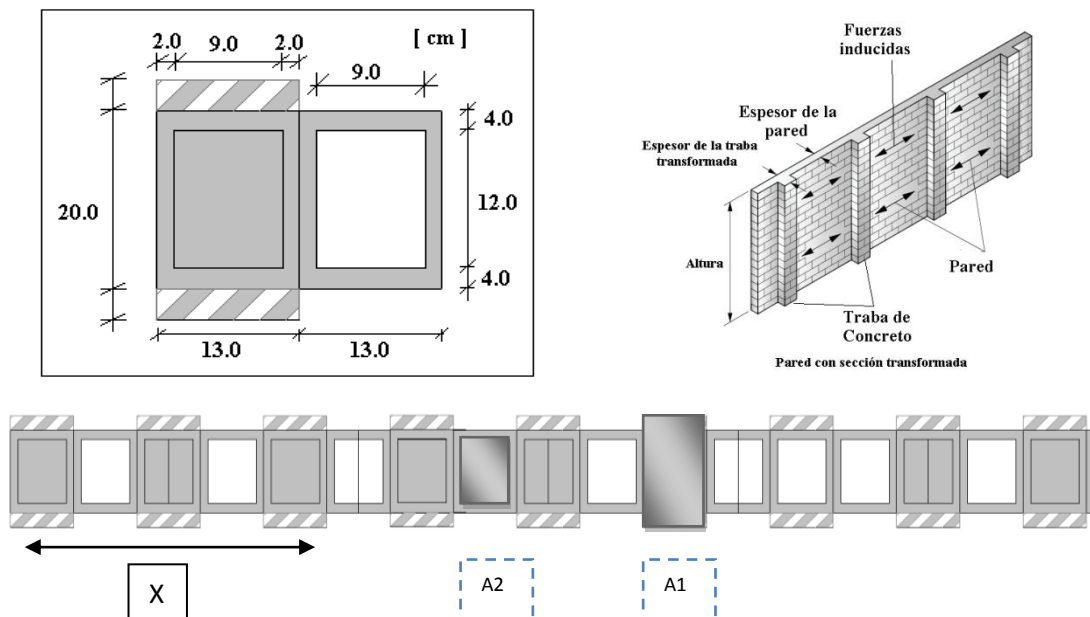


Figura 57 Diagrama de Llenado. Elaboración Propia

Donde:

X = distancia del centro de área de la sección al borde de la pared.

$A = A1=A3$ = área de las secciones sin perforación

$A2$ = área de la sección agujerada

Para el proceso del cálculo de esfuerzo por flexión, se procedió a calcular el momento de inercia efectivo de la sección, mostrados en las siguientes tablas:

Tabla 12. Calculo del Momento de inercia de la sección efectiva (sección transformada) con esbeltez 1.5

n° perforación en el bloque	brazo (x) cm	Área (A) cm ²	inercia (I _o) cm ⁴	Inercia parcial	Area2 (A2) cm ²	inercia2 (I _o) cm ⁴	Inercia parcial2
	8.5	413.7	5822	35711.825			
1	21.5	260	3661.6	123846.6	108	729	50652
2	34.5	413.7	5822	498228.425			
3	47.5	260	3661.6	590286.6	108	729	244404
4	60.5	413.7	5822	1520067.425			
5	73.5	260	3661.6	1408246.6	108	729	584172
6	86.5	413.7	5822	3101228.825			
7	99.5	260	3661.6	2577726.6	108	729	1069956
8	112.5	413.7	5822	5241712.625			
9	125.5	260	3661.6	4098726.6	108	729	1701756
10	138.5	413.7	5822	7941518.825			
11	151.5	260	3661.6	5971246.6	108	729	2479572
		4042.2		33108547.55	648		6130512

h=	13	cm
Ltotal	240	cm

I(cm)total	5.255.156	cm ⁴
Ae	3394.2	cm ²

Tabla 13. Calculo del Momento de inercia de la sección efectiva (no fizarada) con esbeltez 1.0

n° perforación en el bloque	brazo (x) cm	Área (A) cm ²	inercia (Io) cm ⁴	Inercia parcial	Area2 (A2) cm ²	inercia2 (Io) cm ⁴	Inercia parcial2
	8.5	413.7	5822	35711.825			
1	21.5	260	3661.6	123846.6	108	729	50652
2	34.5	413.7	5822	498228.425			
3	47.5	260	3661.6	590286.6	108	729	244404
4	60.5	413.7	5822	1520067.425			
5	73.5	260	3661.6	1408246.6	108	729	584172
6	86.5	413.7	5822	3101228.825			
7	99.5	260	3661.6	2577726.6	108	729	1069956
8	112.5	413.7	5822	5241712.625			
9	125.5	260	3661.6	4098726.6	108	729	1701756
10	138.5	413.7	5822	7941518.825			
11	151.5	260	3661.6	5971246.6	108	729	2479572
12	164.5	413.7	5822	11200647.43			
13	177.5	260	3661.6	8195286.6	108	729	3403404
14	190.5	413.7	5822	15019098.43			
15	203.5	260	3661.6	10770846.6	108	729	4473252
16	216.5	413.7	5822	19396871.83			
17	229.5	260	3661.6	13697926.6	108	729	5689116
		6063.3		111389225	972		19696284

h=	13	cm
Ltotal	240	cm

I(cm)total	18.378.221	cm ⁴
Ae	5091.3	cm ²

Posteriormente se procedió a calcular el radio de giro de la pared (r), donde: $r = \sqrt{\frac{I_s}{A_s}}$

La excentricidad generada por el momento en la pared con una sección agujereada se procedió a calcular con la siguiente expresión, dando como resultado los valores

expresados en la tabla 13: $e = \frac{r^2}{y}$

Tabla 13. Excentricidades máximas que genera solo flexo-compresión en la pared.

Esbeltez	r (cm)	y (cm)	e (cm)
1.0	60.0	120.0	30.0
1.5	39.4	80.0	19.4

f) Cálculo de los esfuerzos a Corte (f_v)

Para ello se procedió a calcular según la ecuación $f_v = V / A_e$, y los esfuerzos

flexionaste $f_b = Mc/I$, resumiéndose en la tabla 13, de la siguiente manera:

Tabla 13. Esfuerzos a corte y flexión por la fuerza horizontal (FR).

Tabla 14. Esfuerzos a corte y flexión sobre pared.

Piso/ Esbeltez	1	2	3	4	5	Área Efectiva Ae
	FR (Kg)					
1	311,94	600,48	873,43	1135,46	1389,55	2856
1,5	228,85	440,53	640,78	833,01	1019,42	1904
	Esfuerzos de corte (fv) Kg/cm2					
1,00	0,11	0,21	0,31	0,40	0,49	
1,50	0,12	0,23	0,34	0,44	0,54	
	Esfuerzos de flexión (Kg/cm2)					
1	1.71	3.29	4.79	6.22	7.62	
1.5	0.36	0.69	1.00	1.31	1.60	

Sabiendo que el esfuerzo admisible a compresión, corte por flexión, y por flexión para el caso de mampostería RM sin reforzamiento debe ser igual a los valores de F_a , F_v y F_b , según las ecuaciones dadas en el capítulo II.7.1 “Esfuerzos admisibles para el diseño de mampostería reforzada sin reforzamiento”; y considerando una mampostería de 98 Kg/cm² (1394 psi), entonces podemos calcular dichos esfuerzos, arrojando los siguientes resultados:

$Fa^{63} = 24.48 \text{ kg/cm}^2 (348.2 \text{ psi})$ con $h'/r < 99$

$Fv = 2.63 \text{ kg/cm}^2 (37.33 \text{ psi})$

$Fb = 32.34 \text{ Kg/cm}^2 (460 \text{ psi})$

III.1.3 Algoritmo de diseño y evaluación en modelo discreto (elementos finitos).

De la misma manera se procedió a calcular los esfuerzos en la pared, para los mismo niveles de carga del modelo simple, pero esta vez de forma discreta, con el objetivo de identificar el comportamiento de los esfuerzos tanto en las unidades como en las trabas de concreto simple; para las dos diagonales principales la de compresión y la de tracción.; identificando como esfuerzos de compresión los esfuerzos S_{22} , S_{11} y para cortante S_{12} , según como lo referencia los siguientes diagramas:

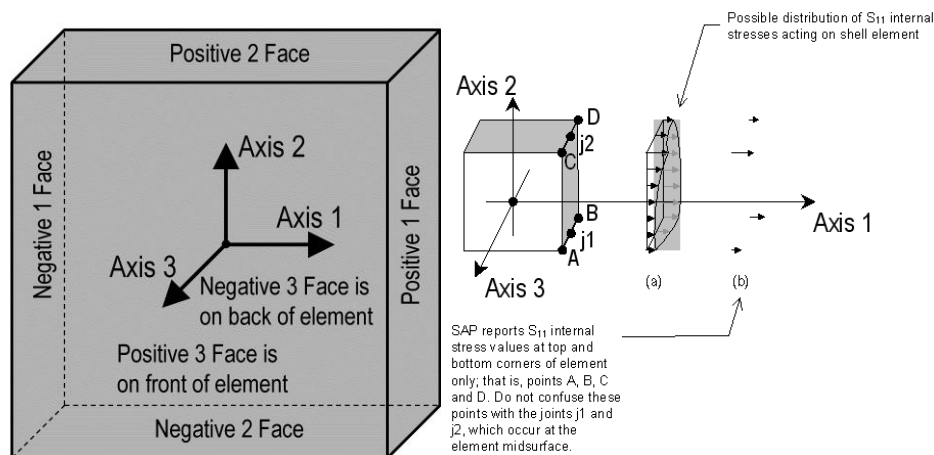


Figura 58. Diagrama de esfuerzo en salida para shell en SAP 2000

⁶³ Fa , Fv y Fb son los esfuerzos admisibles a compresión, corte y flexión, respectivamente.

ZONA DE COPRESIÓN

Figura 59. Pared de piso 5 con esbeltez 1.0

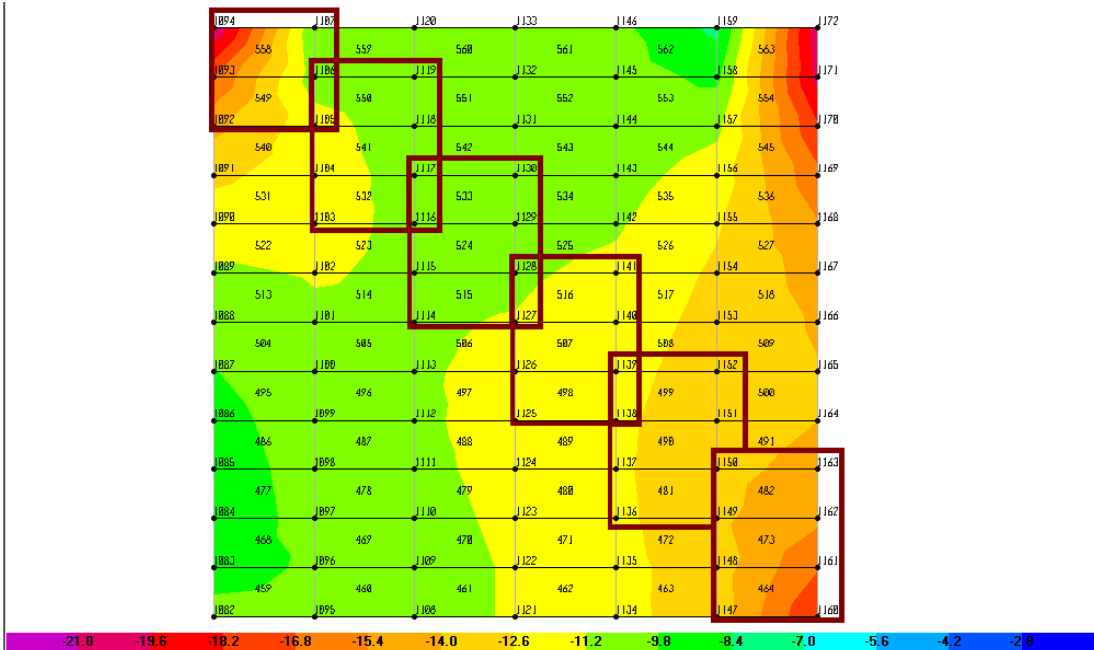


Tabla 15. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 15: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
464	1147	-3.33	-13.32	1.01	-3.23	-13.42
464	1160	-4.56	-18.26	2.15	-4.24	-18.59
464	1161	-1.94	-17.6	3.53 ⁶⁴	-1.18	-18.36
464	1148	-0.7	-12.66	2.4	-0.24	-13.13
473	1148	-0.95	-13.63	2.03	-0.63	-13.95
473	1161	-1.49	-15.83	1.6	-1.32	-16
473	1162	-0.82	-15.66	0.72	-0.78	-15.69

⁶⁴ Excede el valor admisible, mas no indica que haya una aparición de grietas, sino más bien, que el bloque nº 464 en la base de la pared y los nº 558, 549 y 550 será los primeros en dañarse.

TABLA15: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
473	1149	-0.27	-13.46	1.15	-0.17	-13.56
482	1149	-0.32	-13.65	0.89	-0.26	-13.7
482	1162	-0.55	-14.59	0.75	-0.51	-14.63
482	1163	-0.53	-14.58	0.5	-0.51	-14.6
482	1150	-0.29	-13.64	0.65	-0.26	-13.67
481	1136	-1.44	-12.36	1.31	-1.29	-12.52
481	1149	-1.86	-14.03	1.22	-1.74	-14.15
481	1150	-1.23	-13.87	0.99	-1.15	-13.95
481	1137	-0.81	-12.2	1.08	-0.71	-12.3
490	1137	-0.84	-12.34	0.98	-0.76	-12.42
490	1150	-1.19	-13.74	0.84	-1.14	-13.79
490	1151	-0.96	-13.68	0.63	-0.93	-13.71
490	1138	-0.61	-12.28	0.77	-0.56	-12.33
499	1138	-0.59	-12.21	0.69	-0.55	-12.25
499	1151	-0.91	-13.49	0.52	-0.89	-13.51
499	1152	-0.85	-13.47	0.35	-0.84	-13.48
499	1139	-0.53	-12.19	0.52	-0.5	-12.21
498	1125	-1.02	-11.51	0.98	-0.93	-11.6
498	1138	-1.24	-12.37	0.86	-1.17	-12.43
498	1139	-1.09	-12.33	0.82	-1.03	-12.39
498	1126	-0.88	-11.47	0.95	-0.79	-11.56
507	1126	-0.85	-11.37	0.97	-0.76	-11.46

TABLA15: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
507	1139	-1.04	-12.11	0.76	-0.98	-12.16
507	1140	-1.04	-12.11	0.74	-0.99	-12.16
507	1127	-0.85	-11.37	0.95	-0.77	-11.45
516	1127	-0.8	-11.15	0.97	-0.71	-11.24
516	1140	-0.95	-11.76	0.69	-0.91	-11.8
516	1141	-1.03	-11.78	0.69	-0.99	-11.82
516	1128	-0.88	-11.17	0.97	-0.79	-11.26
515	1114	-0.78	-11.13	1.4	-0.59	-11.31
515	1127	-0.78	-11.15	1.27	-0.63	-11.3
515	1128	-0.81	-11.16	1.34	-0.64	-11.33
515	1115	-0.8	-11.13	1.48	-0.6	-11.34
524	1115	-0.78	-11.05	1.54	-0.56	-11.28
524	1128	-0.74	-10.88	1.38	-0.56	-11.07
524	1129	-0.77	-10.89	1.43	-0.57	-11.09
524	1116	-0.81	-11.06	1.59	-0.57	-11.3
533	1116	-0.77	-10.91	1.64	-0.51	-11.17
533	1129	-0.7	-10.61	1.45	-0.49	-10.82
533	1130	-0.8	-10.64	1.43	-0.6	-10.84
533	1117	-0.88	-10.94	1.62	-0.62	-11.19
532	1103	-0.68	-11.79	1.7	-0.43	-12.04
532	1116	-0.44	-10.83	1.79	-0.14	-11.13
532	1117	-0.5	-10.84	1.88	-0.17	-11.17

TABLA15: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
532	1104	-0.74	-11.81	1.79	-0.46	-12.09
541	1104	-0.79	-12.02	1.76	-0.52	-12.29
541	1117	-0.4	-10.46	1.96	-0.03427	-10.83
541	1118	-1.17	-10.65	2.2	-0.69	-11.14
541	1105	-1.56	-12.21	2	-1.2	-12.57
550	1105	-1.48	-11.88	2.76	-0.79	-12.57
550	1118	-1	-9.98	1.79	-0.66	-10.32
550	1119	-2.8	-10.43	0.97	-2.68	-10.55
550	1106	-3.27	-12.33	1.94	-2.88	-12.73
549	1092	-0.86	-15.36	0.94	-0.8	-15.43
549	1105	0.11	-11.49	2.27	0.54	-11.92
549	1106	-0.17	-11.56	3.15	0.64	-12.37
549	1093	-1.14	-15.44	1.81	-0.92	-15.66
558	1093	-1.8	-18.06	3.99	-0.87	-18.99
558	1106	0.54	-8.71	2.08	0.98	-9.16
558	1107	-11.35	-11.68	3.91	-7.6	-15.43
558	1094	-13.68	-21.03	5.82	-10.48	-24.24

Figura 60. Pared de piso 5 con esbeltez 1.5

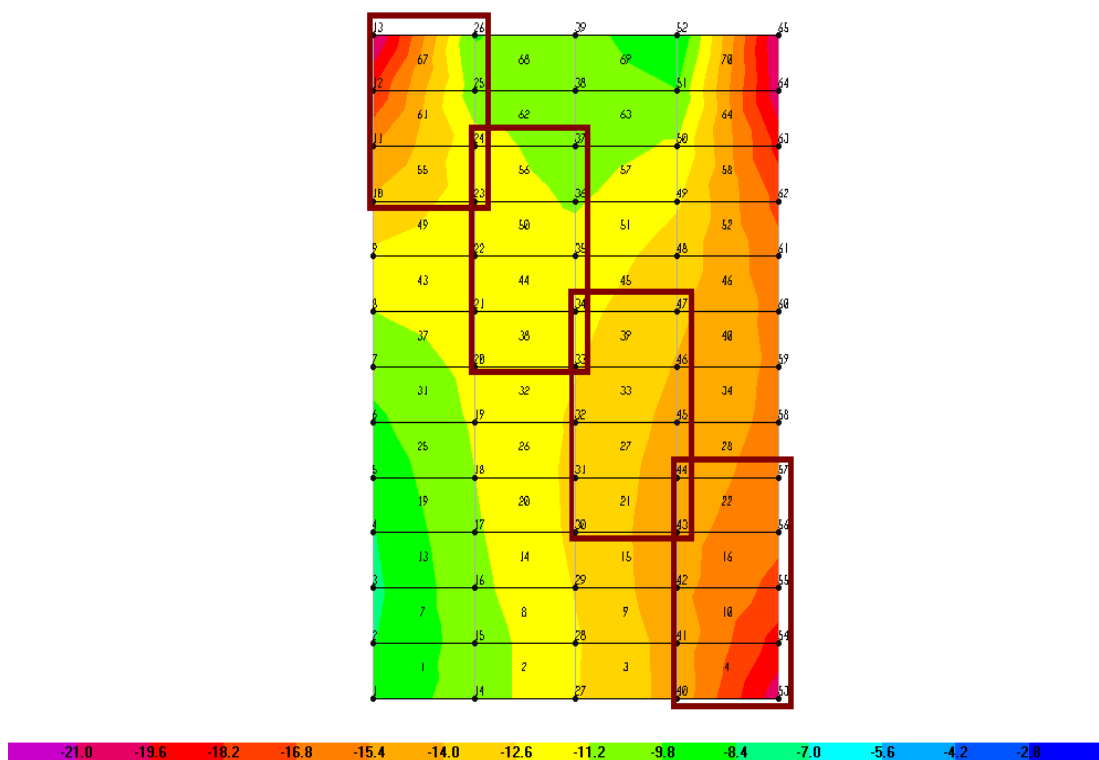


Tabla 16. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 16: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
4	40	-3.63	-14.53	0.89	-3.56	-14.60
4	53	-5.12	-20.47	2.23	-4.80	-20.79
4	54	-2.07	-19.71	3.60	-1.37	-20.42
4	41	-0.59	-13.77	2.27	-0.21	-14.14
10	41	-0.87	-14.89	1.99	-0.59	-15.17
10	54	-1.64	-17.99	1.55	-1.50	-18.13
10	55	-0.83	-17.78	0.67	-0.81	-17.81
10	42	-0.06	-14.69	1.11	0.02	-14.78

TABLA16: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
16	42	-0.12	-14.91	0.88	-0.06	-14.96
16	55	-0.57	-16.73	0.74	-0.54	-16.77
16	56	-0.54	-16.72	0.54	-0.52	-16.74
16	43	-0.08	-14.90	0.68	-0.05	-14.93
22	43	-0.04	-14.74	0.59	-0.02	-14.77
22	56	-0.40	-16.18	0.44	-0.39	-16.20
22	57	-0.34	-16.17	0.34	-0.34	-16.18
22	44	0.02	-14.73	0.48	0.03	-14.75
21	30	-0.35	-12.93	1.10	-0.26	-13.02
21	43	-0.86	-14.95	0.96	-0.79	-15.01
21	44	-0.62	-14.89	0.87	-0.56	-14.94
21	31	-0.11	-12.87	1.01	-0.03	-12.95
27	31	-0.10	-12.84	1.01	-0.02	-12.92
27	44	-0.55	-14.64	0.83	-0.51	-14.69
27	45	-0.56	-14.64	0.77	-0.52	-14.68
27	32	-0.11	-12.84	0.95	-0.04	-12.91
33	32	-0.06	-12.63	0.96	0.01	-12.71
33	45	-0.48	-14.33	0.72	-0.44	-14.36
33	46	-0.67	-14.37	0.66	-0.64	-14.41
33	33	-0.25	-12.68	0.90	-0.18	-12.75
39	33	-0.16	-12.33	0.90	-0.09	-12.40
39	46	-0.57	-13.99	0.60	-0.55	-14.02

TABLA16: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
39	47	-0.90	-14.08	0.53	-0.88	-14.10
39	34	-0.49	-12.41	0.83	-0.43	-12.47
38	20	-0.27	-11.61	1.32	-0.12	-11.76
38	33	-0.47	-12.41	1.28	-0.34	-12.54
38	34	-0.69	-12.46	1.38	-0.53	-12.62
38	21	-0.49	-11.66	1.43	-0.31	-11.84
44	21	-0.52	-11.79	1.51	-0.32	-11.99
44	34	-0.56	-11.95	1.39	-0.40	-12.12
44	35	-0.85	-12.02	1.53	-0.65	-12.23
44	22	-0.81	-11.87	1.65	-0.57	-12.11
50	22	-0.84	-11.97	1.77	-0.57	-12.25
50	35	-0.69	-11.37	1.56	-0.47	-11.60
50	36	-0.82	-11.40	1.72	-0.55	-11.67
50	23	-0.97	-12.01	1.92	-0.64	-12.33
56	23	-0.98	-12.07	1.96	-0.65	-12.40
56	36	-0.63	-10.66	1.83	-0.31	-10.98
56	37	-0.81	-10.71	2.02	-0.42	-11.10
56	24	-1.17	-12.11	2.15	-0.76	-12.52
55	10	-0.85	-14.58	1.50	-0.69	-14.74
55	23	-0.18	-11.87	1.56	0.03	-12.07
55	24	0.23	-11.76	1.82	0.50	-12.03
55	11	-0.45	-14.48	1.76	-0.23	-14.69

TABLA16: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
61	11	-1.00	-16.67	1.45	-0.87	-16.80
61	24	0.32	-11.40	2.32	0.76	-11.85
61	25	0.36	-11.39	2.84	1.01	-12.04
61	12	-0.95	-16.66	1.96	-0.71	-16.90
67	12	-1.66	-19.47	3.22	-1.09	-20.04
67	25	0.97	-8.99	1.86	1.30	-9.33
67	26	-6.64	-10.89	3.49	-4.69	-12.85
67	13	-9.26	-21.37	4.84	-7.57	-23.07

Figura 61. Pared de piso 4 con esbeltez 1.0

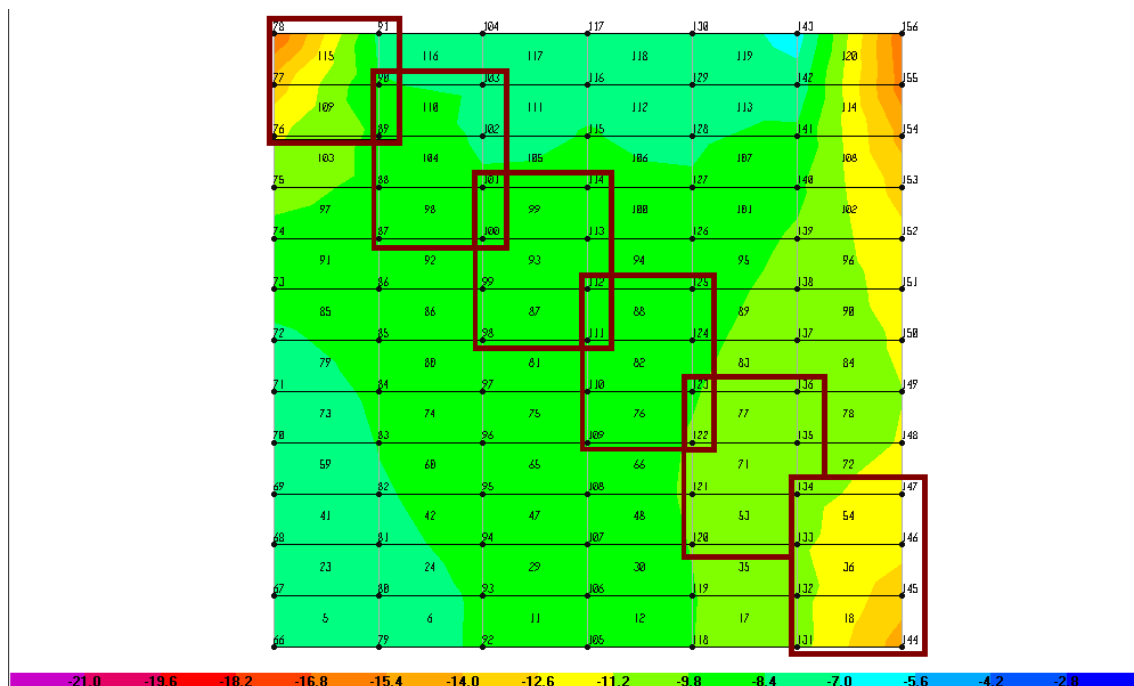


Tabla 17. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA17: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
18	131	-2.67	-10.69	0.82	-2.59	-10.77
18	144	-3.67	-14.68	1.73	-3.41	-14.95
18	145	-1.56	-14.16	2.85	-0.95	-14.77
18	132	-0.56	-10.16	1.94	-0.19	-10.54
36	132	-0.76	-10.94	1.64	-0.5	-11.2
36	145	-1.2	-12.72	1.3	-1.06	-12.87
36	146	-0.66	-12.59	0.59	-0.63	-12.62
36	133	-0.22	-10.8	0.93	-0.13	-10.88
54	133	-0.25	-10.95	0.72	-0.2	-11
54	146	-0.44	-11.72	0.61	-0.41	-11.75
54	147	-0.43	-11.72	0.41	-0.41	-11.73
54	134	-0.23	-10.94	0.53	-0.21	-10.97
53	120	-1.15	-9.9	1.06	-1.03	-10.03
53	133	-1.49	-11.26	0.99	-1.39	-11.36
53	134	-0.98	-11.13	0.81	-0.92	-11.19
53	121	-0.65	-9.78	0.88	-0.56	-9.86
71	121	-0.67	-9.88	0.8	-0.6	-9.95
71	134	-0.96	-11.02	0.69	-0.91	-11.06
71	135	-0.77	-10.97	0.52	-0.75	-11
71	122	-0.49	-9.84	0.63	-0.45	-9.88

TABLA17: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
77	136	-0.68	-10.8	0.3	-0.67	-10.81
77	123	-0.42	-9.77	0.43	-0.4	-9.79
76	109	-0.81	-9.21	0.81	-0.74	-9.29
76	122	-0.99	-9.91	0.71	-0.93	-9.96
76	123	-0.87	-9.88	0.68	-0.82	-9.93
76	110	-0.7	-9.18	0.78	-0.63	-9.26
82	110	-0.68	-9.1	0.8	-0.6	-9.17
82	123	-0.83	-9.7	0.63	-0.78	-9.74
82	124	-0.83	-9.7	0.62	-0.79	-9.74
82	111	-0.68	-9.1	0.78	-0.61	-9.17
88	111	-0.64	-8.93	0.8	-0.56	-9.01
88	124	-0.76	-9.42	0.57	-0.72	-9.46
88	125	-0.83	-9.44	0.57	-0.79	-9.47
88	112	-0.71	-8.95	0.8	-0.63	-9.02
87	98	-0.62	-8.9	1.14	-0.46	-9.05
87	111	-0.63	-8.93	1.03	-0.5	-9.05
87	112	-0.65	-8.93	1.1	-0.51	-9.07
87	99	-0.64	-8.91	1.21	-0.47	-9.08
93	99	-0.63	-8.85	1.26	-0.44	-9.03
93	112	-0.59	-8.71	1.12	-0.44	-8.87
93	113	-0.62	-8.72	1.17	-0.45	-8.88
93	100	-0.65	-8.85	1.3	-0.45	-9.05

TABLA17: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
99	100	-0.62	-8.74	1.33	-0.41	-8.95
99	113	-0.56	-8.49	1.18	-0.39	-8.66
99	114	-0.66	-8.52	1.18	-0.49	-8.69
99	101	-0.72	-8.76	1.32	-0.51	-8.97
98	87	-0.54	-9.43	1.37	-0.34	-9.64
98	100	-0.35	-8.67	1.45	-0.11	-8.91
98	101	-0.4	-8.68	1.52	-0.13	-8.95
98	88	-0.59	-9.44	1.45	-0.36	-9.67
104	88	-0.64	-9.63	1.42	-0.42	-9.85
104	101	-0.33	-8.37	1.59	-0.02188	-8.68
104	102	-0.96	-8.53	1.79	-0.56	-8.93
104	89	-1.28	-9.79	1.62	-0.98	-10.09
110	89	-1.21	-9.54	2.25	-0.64	-10.11
110	102	-0.82	-7.98	1.47	-0.53	-8.26
110	103	-2.32	-8.35	0.8	-2.22	-8.46
110	90	-2.71	-9.91	1.59	-2.38	-10.25
109	76	-0.68	-12.22	0.73	-0.63	-12.26
109	89	0.07299	-9.22	1.83	0.42	-9.57
109	90	-0.17	-9.28	2.55	0.5	-9.95
109	77	-0.92	-12.28	1.45	-0.74	-12.46
115	77	-1.45	-14.38	3.26	-0.67	-15.16
115	90	0.41	-6.97	1.69	0.78	-7.33

TABLA17: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
115	91	-9.41	-9.42	3.17	-6.24	-12.58
115	78	-11.26	-16.83	4.74	-8.55	-19.54

Figura 62. Pared de piso 4 con esbeltez 1.5

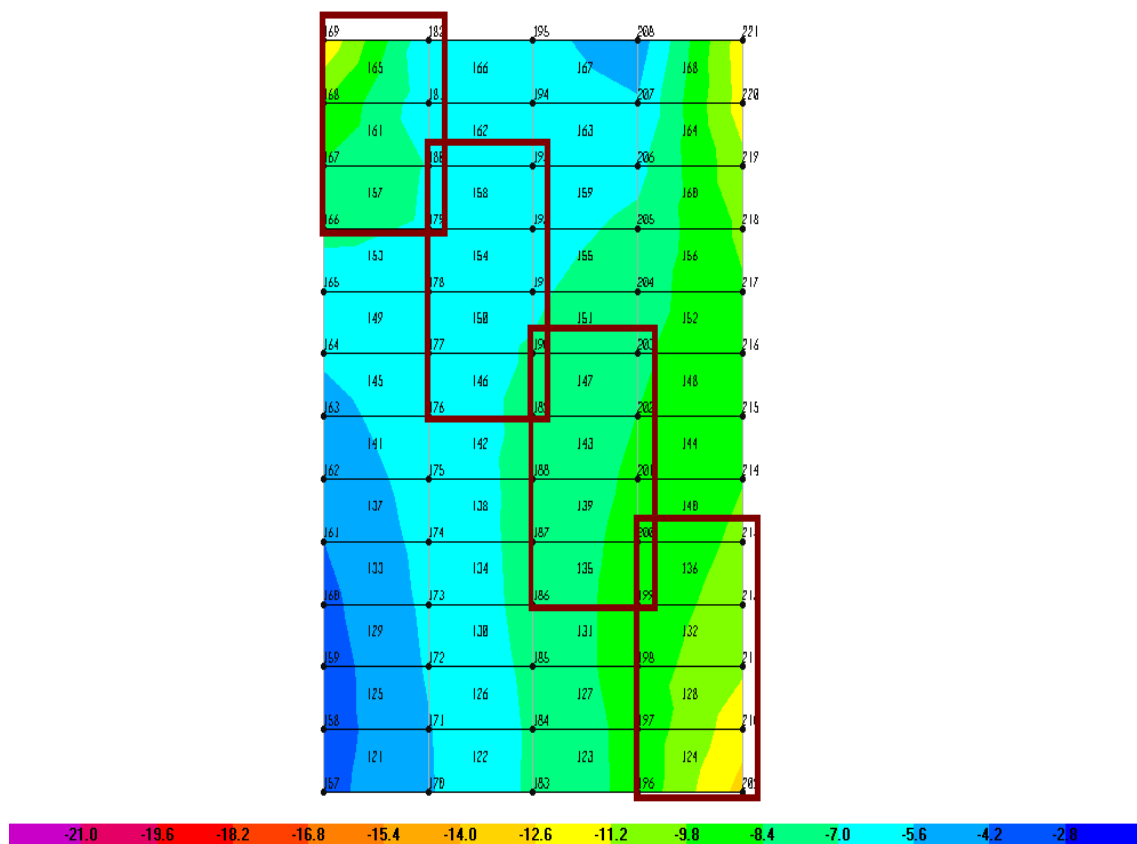


Tabla 18. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 18: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
124	196	-2.21	-8.84	0.6	-2.16	-8.9
124	209	-3.29	-13.15	1.44	-3.08	-13.36

TABLA18: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
124	210	-1.37	-12.67	2.35	-0.89	-13.14
124	197	-0.29	-8.36	1.52	-0.01275	-8.64
128	197	-0.46	-9.05	1.35	-0.25	-9.26
128	210	-1.08	-11.51	1.05	-0.97	-11.62
128	211	-0.58	-11.39	0.49	-0.56	-11.41
128	198	0.03275	-8.93	0.8	0.1	-9
132	198	0.005038	-9.04	0.66	0.05293	-9.09
132	211	-0.39	-10.64	0.55	-0.36	-10.67
132	212	-0.39	-10.64	0.43	-0.37	-10.65
132	199	0.009232	-9.04	0.54	0.04135	-9.07
136	199	0.04261	-8.91	0.49	0.0693	-8.93
136	212	-0.28	-10.2	0.37	-0.27	-10.21
136	213	-0.26	-10.19	0.31	-0.25	-10.2
136	200	0.06114	-8.9	0.43	0.08178	-8.92
135	186	-0.13	-7.44	0.89	-0.02839	-7.54
135	199	-0.54	-9.05	0.79	-0.47	-9.13
135	200	-0.4	-9.02	0.74	-0.33	-9.08
135	187	0.006418	-7.4	0.84	0.1	-7.49
139	187	0.007808	-7.39	0.84	0.1	-7.49
139	200	-0.35	-8.82	0.72	-0.29	-8.88
139	201	-0.35	-8.82	0.69	-0.29	-8.88
139	188	0.009034	-7.39	0.81	0.09735	-7.48

TABLA18: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
143	188	0.03323	-7.3	0.82	0.12	-7.39
143	201	-0.29	-8.59	0.67	-0.24	-8.64
143	202	-0.4	-8.62	0.64	-0.35	-8.67
143	189	-0.07458	-7.32	0.79	0.01005	-7.41
147	189	-0.02983	-7.15	0.79	0.0579	-7.23
147	202	-0.33	-8.35	0.61	-0.28	-8.39
147	203	-0.53	-8.4	0.57	-0.49	-8.44
147	190	-0.23	-7.2	0.76	-0.15	-7.28
146	176	-0.08275	-6.4	0.96	0.06031	-6.55
146	189	-0.28	-7.21	0.98	-0.15	-7.35
146	190	-0.39	-7.24	1.04	-0.24	-7.39
146	177	-0.19	-6.43	1.02	-0.02919	-6.59
150	177	-0.23	-6.6	1.07	-0.05898	-6.77
150	190	-0.33	-6.97	1.05	-0.16	-7.13
150	191	-0.49	-7.01	1.14	-0.3	-7.2
150	178	-0.4	-6.64	1.16	-0.19	-6.84
154	178	-0.44	-6.81	1.22	-0.22	-7.04
154	191	-0.4	-6.65	1.16	-0.19	-6.86
154	192	-0.48	-6.67	1.27	-0.23	-6.92
154	179	-0.52	-6.83	1.33	-0.25	-7.1
158	179	-0.57	-7.03	1.34	-0.3	-7.29
158	192	-0.36	-6.2	1.36	-0.06091	-6.5

TABLA18: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
158	193	-0.64	-6.27	1.56	-0.24	-6.67
158	180	-0.85	-7.1	1.54	-0.49	-7.46
157	166	-0.41	-7.72	0.87	-0.3	-7.82
157	179	-0.21	-6.94	0.94	-0.0826	-7.07
157	180	0.0728	-6.87	1.09	0.24	-7.03
157	167	-0.12	-7.65	1.03	0.01471	-7.78
161	167	-0.44	-8.92	0.69	-0.39	-8.98
161	180	0.0918	-6.79	1.52	0.41	-7.11
161	181	-0.04498	-6.82	2	0.5	-7.37
161	168	-0.58	-8.95	1.17	-0.42	-9.12
165	168	-0.99	-10.62	2.43	-0.41	-11.2
165	181	0.38	-5.14	1.31	0.67	-5.44
165	182	-6.66	-6.9	2.39	-4.39	-9.18
165	169	-8.03	-12.38	3.51	-6.08	-14.34

Figura 63 Pared de piso 3 con esbeltez 1.0

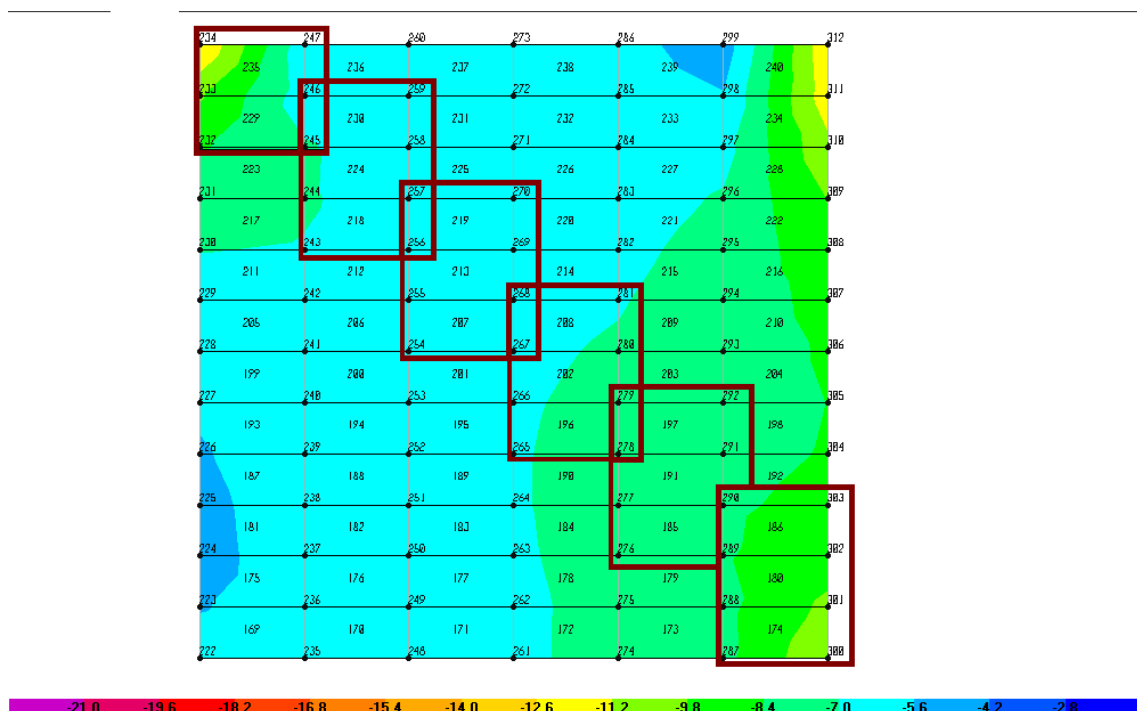


Tabla 19. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 19: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
174	287	-2.01	-8.04	0.62	-1.95	-8.1
174	300	-2.76	-11.06	1.3	-2.56	-11.26
174	301	-1.18	-10.66	2.15	-0.71	-11.13
174	288	-0.42	-7.64	1.46	-0.14	-7.92
180	288	-0.57	-8.22	1.24	-0.37	-8.42
180	301	-0.91	-9.58	0.98	-0.8	-9.69
180	302	-0.5	-9.48	0.45	-0.48	-9.5
180	289	-0.16	-8.12	0.7	-0.09876	-8.18
186	289	-0.19	-8.23	0.55	-0.15	-8.27

TABLA19: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
186	302	-0.33	-8.82	0.46	-0.31	-8.85
186	303	-0.32	-8.82	0.31	-0.31	-8.83
186	290	-0.17	-8.23	0.4	-0.15	-8.25
185	276	-0.87	-7.44	0.81	-0.77	-7.54
185	289	-1.12	-8.46	0.75	-1.04	-8.54
185	290	-0.74	-8.37	0.62	-0.69	-8.42
185	277	-0.48	-7.34	0.67	-0.42	-7.41
191	277	-0.5	-7.42	0.61	-0.45	-7.48
191	290	-0.72	-8.28	0.52	-0.68	-8.32
191	291	-0.58	-8.25	0.4	-0.56	-8.27
191	278	-0.37	-7.39	0.49	-0.33	-7.42
197	278	-0.35	-7.35	0.44	-0.33	-7.37
197	291	-0.55	-8.13	0.33	-0.54	-8.14
197	292	-0.51	-8.12	0.23	-0.5	-8.12
197	279	-0.32	-7.34	0.34	-0.3	-7.35
196	265	-0.61	-6.91	0.62	-0.55	-6.97
196	278	-0.74	-7.44	0.54	-0.7	-7.49
196	279	-0.66	-7.42	0.52	-0.62	-7.46
196	266	-0.52	-6.89	0.6	-0.47	-6.95
202	266	-0.51	-6.83	0.61	-0.45	-6.89
202	279	-0.62	-7.29	0.49	-0.59	-7.32
202	280	-0.62	-7.29	0.47	-0.59	-7.32

TABLA19: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
202	267	-0.51	-6.83	0.6	-0.45	-6.89
208	267	-0.48	-6.7	0.61	-0.42	-6.76
208	280	-0.57	-7.07	0.44	-0.54	-7.1
208	281	-0.62	-7.09	0.44	-0.59	-7.12
208	268	-0.53	-6.72	0.61	-0.47	-6.78
207	254	-0.46	-6.68	0.87	-0.34	-6.8
207	267	-0.47	-6.7	0.79	-0.37	-6.8
207	268	-0.49	-6.7	0.84	-0.38	-6.82
207	255	-0.48	-6.68	0.92	-0.35	-6.81
213	255	-0.47	-6.64	0.95	-0.33	-6.78
213	268	-0.45	-6.54	0.86	-0.33	-6.66
213	269	-0.47	-6.55	0.89	-0.34	-6.67
213	256	-0.49	-6.64	0.99	-0.34	-6.8
219	256	-0.47	-6.56	1.01	-0.31	-6.72
219	269	-0.42	-6.37	0.9	-0.29	-6.51
219	270	-0.5	-6.39	0.9	-0.37	-6.53
219	257	-0.55	-6.58	1.01	-0.39	-6.74
218	243	-0.41	-7.07	1.03	-0.25	-7.23
218	256	-0.27	-6.51	1.09	-0.08091	-6.69
218	257	-0.3	-6.52	1.16	-0.09675	-6.73
218	244	-0.45	-7.08	1.09	-0.27	-7.26
224	244	-0.48	-7.23	1.07	-0.32	-7.4

TABLA19: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
224	257	-0.25	-6.28	1.21	-0.01347	-6.52
224	258	-0.74	-6.41	1.36	-0.42	-6.72
224	245	-0.97	-7.35	1.23	-0.74	-7.58
230	245	-0.93	-7.17	1.71	-0.49	-7.61
230	258	-0.63	-5.98	1.12	-0.41	-6.2
230	259	-1.79	-6.27	0.61	-1.71	-6.35
230	246	-2.09	-7.46	1.21	-1.83	-7.72
229	232	-0.5	-9.13	0.54	-0.47	-9.16
229	245	0.04842	-6.93	1.38	0.31	-7.19
229	246	-0.15	-6.98	1.94	0.36	-7.49
229	233	-0.7	-9.17	1.09	-0.56	-9.31
235	233	-1.09	-10.76	2.48	-0.49	-11.35
235	246	0.29	-5.22	1.28	0.58	-5.51
235	247	-7.23	-7.1	2.4	-4.76	-9.57
235	234	-8.61	-12.64	3.6	-6.5	-14.75

Figura 64. Pared de piso 3 con esbeltez 1.5

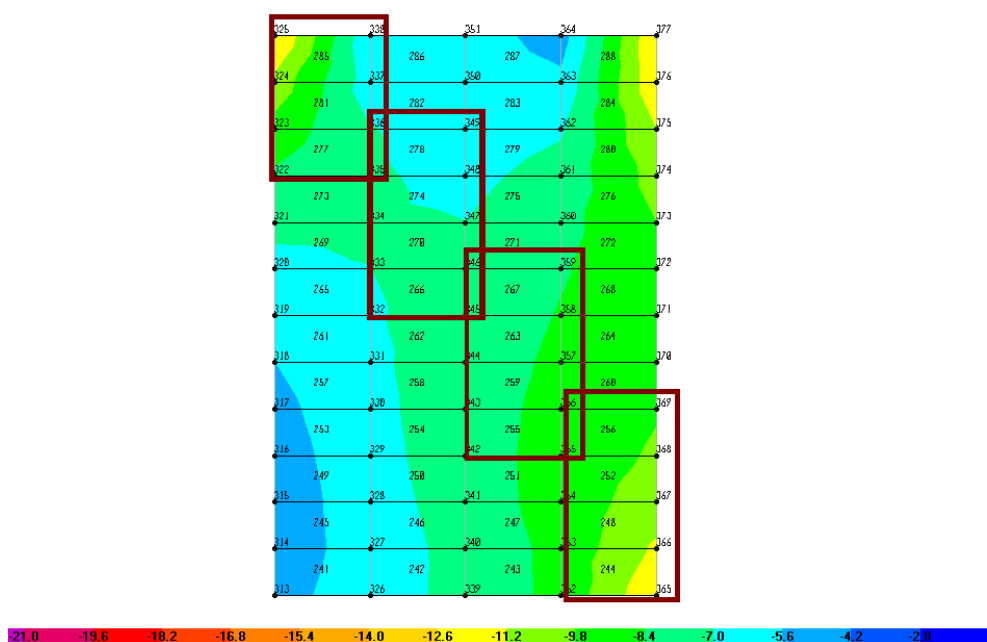


Tabla 20. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA20: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
244	352	-2.19	-8.77	0.55	-2.15	-8.82
244	365	-3.11	-12.44	1.35	-2.92	-12.63
244	366	-1.26	-11.98	2.19	-0.83	-12.41
244	353	-0.35	-8.31	1.38	-0.11	-8.54
248	353	-0.52	-8.99	1.22	-0.35	-9.16
248	366	-1	-10.93	0.95	-0.91	-11.02
248	367	-0.51	-10.8	0.41	-0.5	-10.82
248	354	-0.0288	-8.87	0.68	0.02378	-8.92
252	354	-0.06108	-9	0.55	-0.02784	-9.03
252	367	-0.35	-10.16	0.46	-0.33	-10.18

TABLA 20: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
252	368	-0.33	-10.15	0.34	-0.32	-10.16
252	355	-0.04158	-8.99	0.43	-0.02142	-9.01
256	355	-0.01691	-8.9	0.37	-0.001452	-8.91
256	368	-0.25	-9.81	0.28	-0.24	-9.82
256	369	-0.21	-9.8	0.22	-0.21	-9.81
256	356	0.01509	-8.89	0.31	0.02575	-8.9
255	342	-0.2	-7.76	0.69	-0.14	-7.82
255	355	-0.52	-9.02	0.6	-0.48	-9.06
255	356	-0.38	-8.99	0.55	-0.34	-9.02
255	343	-0.05922	-7.72	0.63	-0.006999	-7.77
259	343	-0.05459	-7.7	0.64	-0.002012	-7.76
259	356	-0.34	-8.83	0.52	-0.3	-8.86
259	357	-0.34	-8.83	0.49	-0.31	-8.86
259	344	-0.05675	-7.7	0.6	-0.009682	-7.75
263	344	-0.02705	-7.58	0.6	0.02096	-7.63
263	357	-0.29	-8.64	0.46	-0.26	-8.66
263	358	-0.4	-8.66	0.43	-0.38	-8.69
263	345	-0.14	-7.61	0.57	-0.09702	-7.66
267	345	-0.08777	-7.4	0.57	-0.043	-7.45
267	358	-0.34	-8.43	0.39	-0.33	-8.45
267	359	-0.54	-8.48	0.35	-0.53	-8.5
267	346	-0.29	-7.45	0.53	-0.25	-7.49

TABLA 20: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
266	332	-0.15	-6.93	0.82	-0.05688	-7.03
266	345	-0.28	-7.45	0.79	-0.2	-7.54
266	346	-0.41	-7.49	0.86	-0.31	-7.59
266	333	-0.28	-6.96	0.88	-0.17	-7.08
270	333	-0.31	-7.06	0.93	-0.18	-7.18
270	346	-0.34	-7.18	0.86	-0.23	-7.29
270	347	-0.51	-7.23	0.95	-0.38	-7.36
270	334	-0.48	-7.1	1.01	-0.33	-7.25
274	334	-0.5	-7.18	1.08	-0.33	-7.35
274	347	-0.41	-6.84	0.97	-0.27	-6.98
274	348	-0.49	-6.85	1.06	-0.32	-7.03
274	335	-0.58	-7.19	1.18	-0.37	-7.4
278	335	-0.59	-7.25	1.2	-0.38	-7.46
278	348	-0.38	-6.4	1.13	-0.17	-6.61
278	349	-0.51	-6.44	1.26	-0.25	-6.69
278	336	-0.72	-7.28	1.33	-0.46	-7.54
277	322	-0.5	-8.67	0.9	-0.4	-8.77
277	335	-0.12	-7.13	0.94	0.006096	-7.26
277	336	0.13	-7.07	1.1	0.29	-7.23
277	323	-0.25	-8.61	1.06	-0.12	-8.74
281	323	-0.58	-9.93	0.85	-0.51	-10
281	336	0.18	-6.87	1.42	0.45	-7.14

TABLA 20: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
281	337	0.19	-6.87	1.75	0.6	-7.28
281	324	-0.57	-9.92	1.18	-0.43	-10.07
285	324	-1	-11.62	2	-0.63	-11.98
285	337	0.56	-5.39	1.15	0.77	-5.6
285	338	-4.31	-6.61	2.14	-3.04	-7.89
285	325	-5.87	-12.84	2.99	-4.76	-13.94

Figura 65 Pared de piso 2 con esbeltez 1.0

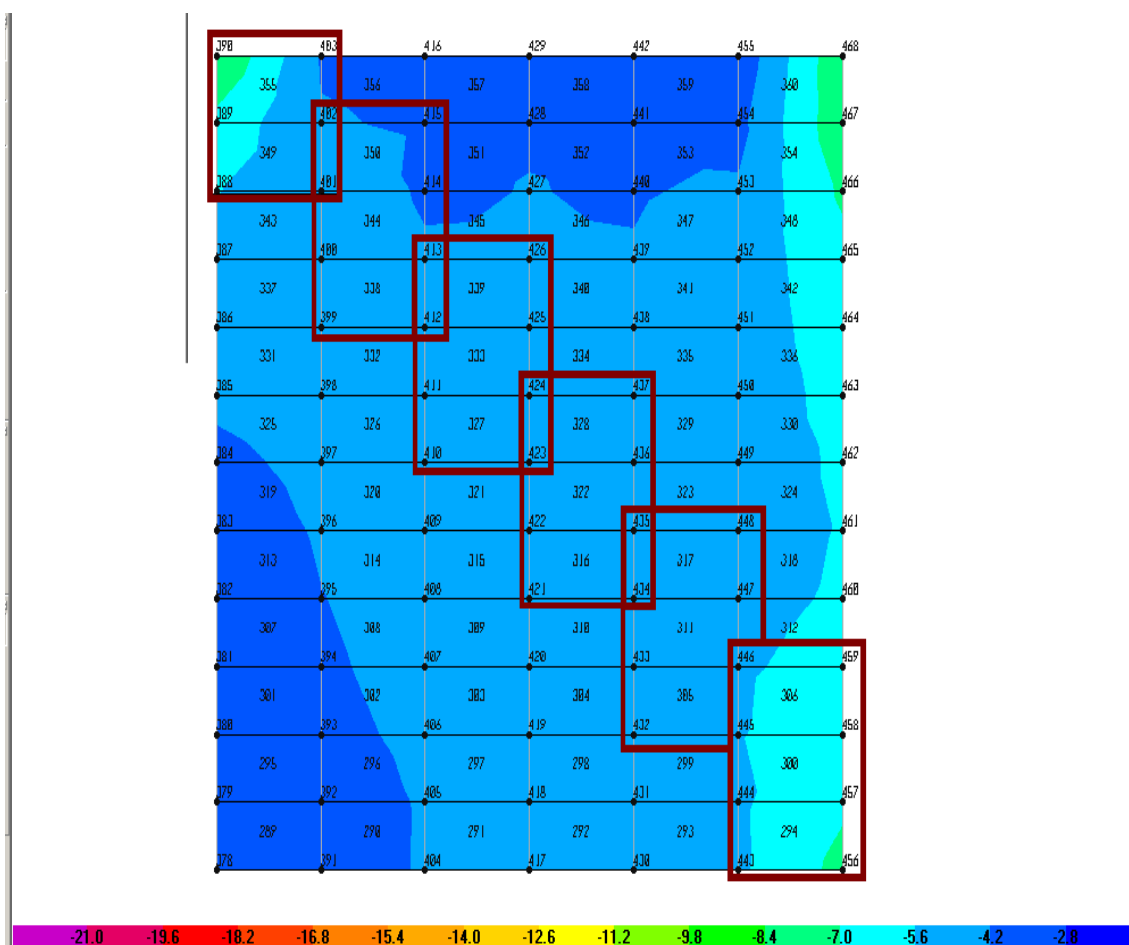


Tabla 21. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 2 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 21: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
294	443	-1.35	-5.38	0.42	-1.3	-5.42
294	456	-1.86	-7.43	0.88	-1.72	-7.56
294	457	-0.79	-7.16	1.45	-0.48	-7.48
294	444	-0.28	-5.11	0.99	-0.08622	-5.31
300	444	-0.38	-5.51	0.84	-0.25	-5.64
300	457	-0.61	-6.43	0.66	-0.54	-6.51
300	458	-0.34	-6.36	0.3	-0.32	-6.38
300	445	-0.11	-5.44	0.48	-0.06329	-5.48
306	445	-0.12	-5.51	0.37	-0.09737	-5.54
306	458	-0.23	-5.92	0.31	-0.21	-5.94
306	459	-0.22	-5.92	0.21	-0.21	-5.92
306	446	-0.12	-5.51	0.28	-0.1	-5.52
305	432	-0.58	-4.97	0.55	-0.51	-5.04
305	445	-0.75	-5.67	0.51	-0.7	-5.72
305	446	-0.5	-5.6	0.42	-0.46	-5.64
305	433	-0.32	-4.91	0.46	-0.28	-4.95
311	433	-0.34	-4.96	0.42	-0.3	-5
311	446	-0.48	-5.54	0.36	-0.46	-5.57
311	447	-0.39	-5.52	0.28	-0.37	-5.53
311	434	-0.24	-4.94	0.34	-0.22	-4.96

TABLA 21: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
317	434	-0.24	-4.91	0.31	-0.22	-4.93
317	447	-0.37	-5.44	0.23	-0.36	-5.45
317	448	-0.34	-5.43	0.17	-0.34	-5.44
317	435	-0.21	-4.9	0.24	-0.2	-4.91
316	421	-0.4	-4.61	0.43	-0.36	-4.66
316	434	-0.49	-4.97	0.38	-0.46	-5
316	435	-0.44	-4.96	0.36	-0.41	-4.99
316	422	-0.35	-4.6	0.41	-0.31	-4.64
322	422	-0.34	-4.56	0.42	-0.29	-4.6
322	435	-0.41	-4.87	0.34	-0.39	-4.89
322	436	-0.42	-4.87	0.33	-0.39	-4.89
322	423	-0.34	-4.56	0.42	-0.3	-4.6
328	423	-0.32	-4.47	0.43	-0.28	-4.52
328	436	-0.38	-4.72	0.31	-0.36	-4.75
328	437	-0.42	-4.73	0.31	-0.4	-4.76
328	424	-0.36	-4.48	0.43	-0.31	-4.53
327	410	-0.31	-4.45	0.59	-0.22	-4.53
327	423	-0.31	-4.47	0.54	-0.24	-4.54
327	424	-0.33	-4.48	0.57	-0.25	-4.55
327	411	-0.32	-4.45	0.62	-0.23	-4.55
333	411	-0.31	-4.43	0.65	-0.21	-4.53
333	424	-0.3	-4.36	0.59	-0.22	-4.45

TABLA 21: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
333	425	-0.32	-4.37	0.61	-0.23	-4.46
333	412	-0.33	-4.43	0.67	-0.22	-4.54
339	412	-0.32	-4.38	0.69	-0.2	-4.49
339	425	-0.29	-4.25	0.62	-0.19	-4.35
339	426	-0.35	-4.27	0.62	-0.25	-4.36
339	413	-0.38	-4.39	0.69	-0.27	-4.51
338	399	-0.27	-4.71	0.7	-0.17	-4.82
338	412	-0.18	-4.34	0.74	-0.05135	-4.47
338	413	-0.21	-4.35	0.79	-0.06252	-4.49
338	400	-0.3	-4.72	0.74	-0.18	-4.84
344	400	-0.33	-4.83	0.73	-0.21	-4.95
344	413	-0.17	-4.19	0.82	-0.004875	-4.35
344	414	-0.51	-4.28	0.94	-0.29	-4.5
344	401	-0.67	-4.92	0.84	-0.51	-5.08
350	401	-0.64	-4.81	1.17	-0.33	-5.11
350	414	-0.44	-3.98	0.77	-0.28	-4.14
350	415	-1.25	-4.19	0.43	-1.19	-4.25
350	402	-1.46	-5.01	0.83	-1.27	-5.2
349	388	-0.32	-6.03	0.35	-0.3	-6.05
349	401	0.02366	-4.64	0.93	0.2	-4.82
349	402	-0.12	-4.68	1.32	0.23	-5.03
349	389	-0.47	-6.07	0.73	-0.37	-6.16

TABLA 21: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
355	389	-0.73	-7.12	1.7	-0.31	-7.55
355	402	0.18	-3.48	0.87	0.38	-3.68
355	403	-5.06	-4.79	1.63	-3.28	-6.56
355	390	-5.97	-8.43	2.46	-4.45	-9.95

Figura 66 Pared de piso 2 con esbeltez 1.5

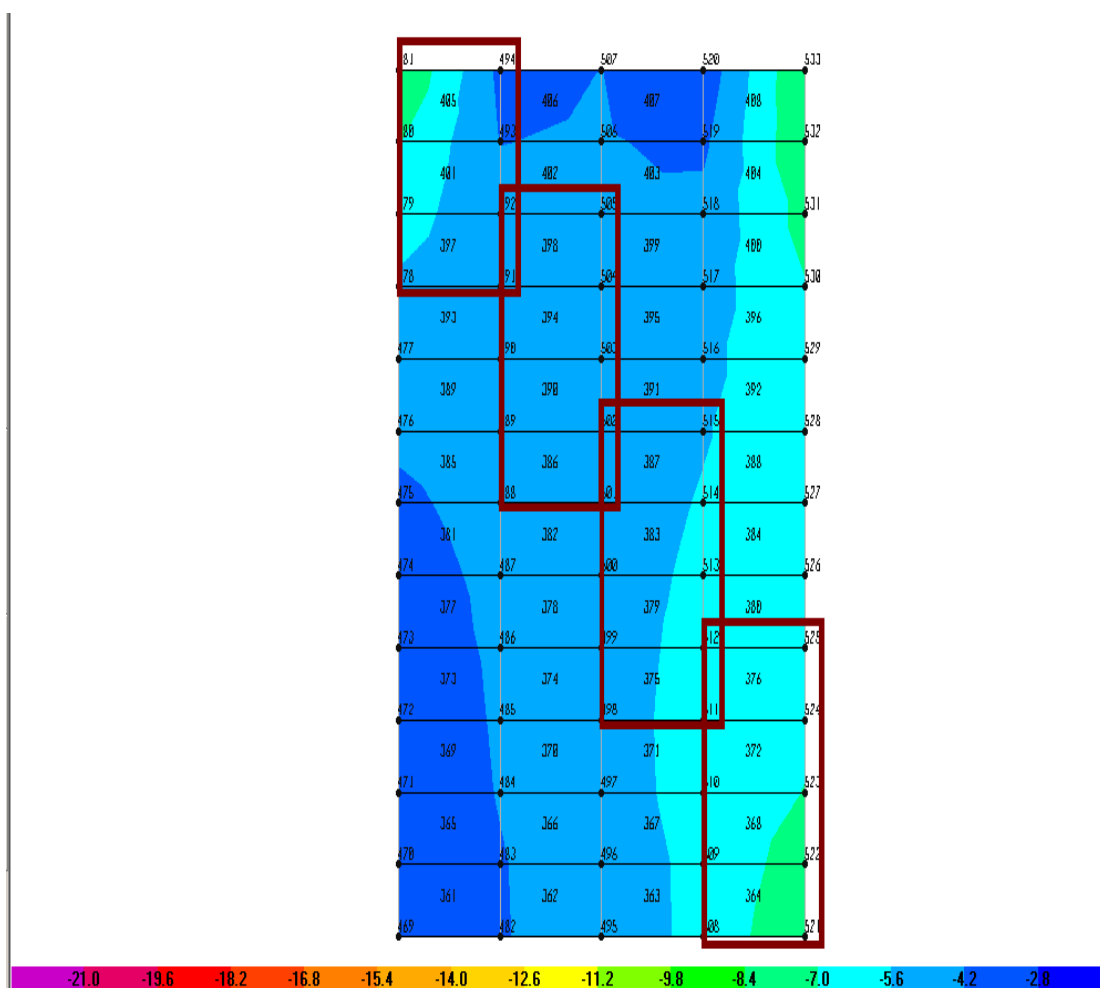


Tabla 22. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 2 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 22: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
364	508	-1.47	-5.87	0.37	-1.44	-5.91
364	521	-2.09	-8.37	0.91	-1.96	-8.5
364	522	-0.85	-8.06	1.48	-0.56	-8.35
364	509	-0.23	-5.56	0.93	-0.06948	-5.72
368	509	-0.34	-6.02	0.82	-0.23	-6.14
368	522	-0.67	-7.35	0.64	-0.61	-7.41
368	523	-0.35	-7.27	0.28	-0.34	-7.28
368	510	-0.01549	-5.94	0.46	0.02071	-5.98
372	510	-0.03681	-6.03	0.37	-0.01373	-6.05
372	523	-0.24	-6.83	0.31	-0.22	-6.84
372	524	-0.23	-6.82	0.23	-0.22	-6.83
372	511	-0.0247	-6.02	0.29	-0.01054	-6.04
376	511	-0.007652	-5.95	0.26	0.0033	-5.97
376	524	-0.17	-6.59	0.19	-0.16	-6.6
376	525	-0.15	-6.59	0.15	-0.14	-6.59
376	512	0.01293	-5.95	0.21	0.02059	-5.96
375	498	-0.13	-5.17	0.47	-0.08864	-5.22
375	511	-0.35	-6.04	0.42	-0.32	-6.07
375	512	-0.25	-6.02	0.38	-0.23	-6.04
375	499	-0.03559	-5.15	0.44	0.001564	-5.18

TABLA 22: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
379	499	-0.0327	-5.14	0.44	0.004713	-5.17
379	512	-0.23	-5.91	0.36	-0.2	-5.93
379	513	-0.23	-5.91	0.34	-0.21	-5.93
379	500	-0.03393	-5.14	0.42	-0.000276	-5.17
383	500	-0.01439	-5.06	0.42	0.01993	-5.09
383	513	-0.19	-5.78	0.32	-0.18	-5.8
383	514	-0.27	-5.8	0.3	-0.25	-5.81
383	501	-0.08969	-5.08	0.39	-0.05875	-5.11
387	501	-0.05517	-4.94	0.4	-0.02299	-4.97
387	514	-0.23	-5.64	0.28	-0.22	-5.65
387	515	-0.36	-5.67	0.25	-0.35	-5.68
387	502	-0.19	-4.97	0.37	-0.16	-5
386	488	-0.09863	-4.61	0.56	-0.03118	-4.67
386	501	-0.19	-4.97	0.54	-0.13	-5.03
386	502	-0.28	-4.99	0.58	-0.2	-5.07
386	489	-0.18	-4.63	0.6	-0.11	-4.71
390	489	-0.2	-4.69	0.63	-0.11	-4.78
390	502	-0.23	-4.79	0.59	-0.15	-4.87
390	503	-0.34	-4.82	0.65	-0.25	-4.91
390	490	-0.32	-4.72	0.69	-0.21	-4.83
394	490	-0.33	-4.78	0.73	-0.21	-4.9
394	503	-0.28	-4.56	0.66	-0.18	-4.66

TABLA 22: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
394	504	-0.33	-4.58	0.72	-0.21	-4.7
394	491	-0.38	-4.79	0.8	-0.24	-4.93
398	491	-0.39	-4.84	0.81	-0.25	-4.98
398	504	-0.25	-4.27	0.77	-0.11	-4.42
398	505	-0.35	-4.3	0.86	-0.17	-4.48
398	492	-0.49	-4.86	0.9	-0.31	-5.04
397	478	-0.33	-5.74	0.6	-0.26	-5.81
397	491	-0.08498	-4.76	0.63	-0.001389	-4.84
397	492	0.08318	-4.72	0.73	0.19	-4.83
397	479	-0.16	-5.7	0.71	-0.07401	-5.79
401	479	-0.38	-6.58	0.56	-0.33	-6.63
401	492	0.11	-4.59	0.95	0.3	-4.78
401	493	0.11	-4.59	1.18	0.39	-4.87
401	480	-0.38	-6.58	0.79	-0.29	-6.68
405	480	-0.67	-7.71	1.36	-0.41	-7.97
405	493	0.36	-3.59	0.78	0.51	-3.74
405	494	-3.03	-4.44	1.44	-2.13	-5.34
405	481	-4.06	-8.56	2.03	-3.28	-9.34

Figura 67 Pared de piso 1 con esbeltez 1.0

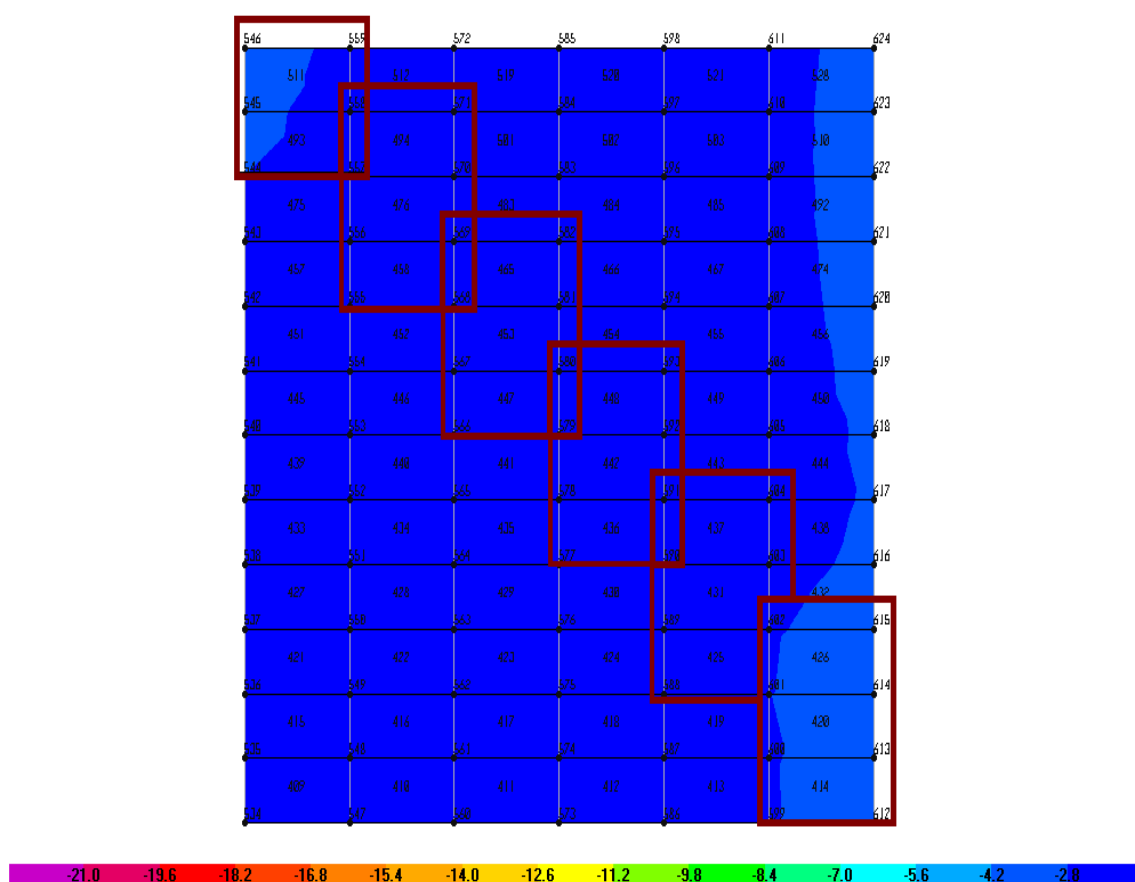


Tabla 23. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 23: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
414	599	-0.68	-2.7	0.21	-0.65	-2.72
414	612	-0.94	-3.74	0.44	-0.87	-3.81
414	613	-0.4	-3.61	0.73	-0.24	-3.77
414	600	-0.14	-2.57	0.5	-0.04081	-2.67
420	600	-0.19	-2.77	0.42	-0.12	-2.83
420	613	-0.31	-3.24	0.34	-0.27	-3.28

TABLA 23: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
420	614	-0.17	-3.21	0.15	-0.16	-3.21
420	601	-0.05228	-2.73	0.24	-0.03037	-2.75
426	601	-0.06093	-2.77	0.19	-0.04743	-2.78
426	614	-0.11	-2.98	0.16	-0.1	-2.99
426	615	-0.11	-2.98	0.11	-0.11	-2.98
426	602	-0.05735	-2.77	0.14	-0.04994	-2.77
425	588	-0.29	-2.49	0.28	-0.25	-2.53
425	601	-0.38	-2.85	0.26	-0.35	-2.87
425	602	-0.25	-2.81	0.22	-0.23	-2.83
425	589	-0.16	-2.46	0.24	-0.14	-2.48
431	589	-0.17	-2.49	0.22	-0.15	-2.51
431	602	-0.24	-2.78	0.19	-0.23	-2.8
431	603	-0.2	-2.77	0.15	-0.19	-2.78
431	590	-0.12	-2.47	0.18	-0.11	-2.49
437	590	-0.12	-2.46	0.16	-0.11	-2.47
437	603	-0.18	-2.73	0.12	-0.18	-2.73
437	604	-0.17	-2.72	0.08936	-0.17	-2.73
437	591	-0.1	-2.46	0.13	-0.09785	-2.46
436	577	-0.2	-2.31	0.22	-0.18	-2.33
436	590	-0.25	-2.49	0.2	-0.23	-2.51
436	591	-0.22	-2.48	0.19	-0.2	-2.5
436	578	-0.17	-2.3	0.21	-0.15	-2.32

TABLA 23: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
442	578	-0.17	-2.28	0.22	-0.15	-2.3
442	591	-0.21	-2.44	0.18	-0.19	-2.45
442	592	-0.21	-2.44	0.17	-0.2	-2.45
442	579	-0.17	-2.28	0.22	-0.15	-2.3
448	579	-0.16	-2.24	0.22	-0.14	-2.26
448	592	-0.19	-2.37	0.16	-0.18	-2.38
448	593	-0.21	-2.37	0.16	-0.2	-2.38
448	580	-0.18	-2.24	0.22	-0.16	-2.27
447	566	-0.15	-2.23	0.3	-0.11	-2.27
447	579	-0.16	-2.24	0.28	-0.12	-2.27
447	580	-0.16	-2.24	0.3	-0.12	-2.28
447	567	-0.16	-2.23	0.32	-0.11	-2.28
453	567	-0.16	-2.22	0.33	-0.1	-2.27
453	580	-0.15	-2.18	0.3	-0.11	-2.23
453	581	-0.16	-2.19	0.31	-0.11	-2.24
453	568	-0.17	-2.22	0.34	-0.11	-2.28
465	568	-0.16	-2.19	0.36	-0.1	-2.25
465	581	-0.14	-2.13	0.32	-0.09481	-2.18
465	582	-0.18	-2.14	0.32	-0.13	-2.19
465	569	-0.2	-2.2	0.35	-0.14	-2.26
458	555	-0.14	-2.36	0.35	-0.08146	-2.41
458	568	-0.09066	-2.17	0.38	-0.02435	-2.24

TABLA 23: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
458	569	-0.1	-2.18	0.4	-0.03023	-2.25
458	556	-0.15	-2.36	0.38	-0.08828	-2.42
476	556	-0.17	-2.42	0.37	-0.11	-2.48
476	569	-0.08471	-2.1	0.42	-0.0003224	-2.18
476	570	-0.26	-2.14	0.48	-0.15	-2.26
476	557	-0.34	-2.47	0.43	-0.26	-2.55
494	557	-0.33	-2.41	0.6	-0.17	-2.58
494	570	-0.23	-1.99	0.4	-0.14	-2.07
494	571	-0.66	-2.1	0.22	-0.62	-2.13
494	558	-0.76	-2.52	0.43	-0.66	-2.62
493	544	-0.16	-2.99	0.17	-0.15	-3
493	557	0.007523	-2.33	0.47	0.09974	-2.42
493	558	-0.07181	-2.35	0.67	0.11	-2.53
493	545	-0.24	-3.01	0.37	-0.19	-3.06
511	545	-0.37	-3.54	0.87	-0.14	-3.76
511	558	0.08081	-1.74	0.45	0.18	-1.84
511	559	-2.65	-2.42	0.83	-1.69	-3.37
511	546	-3.1	-4.22	1.26	-2.28	-5.04

Fig. 68 Pared de piso 1 con esbeltez 1.5

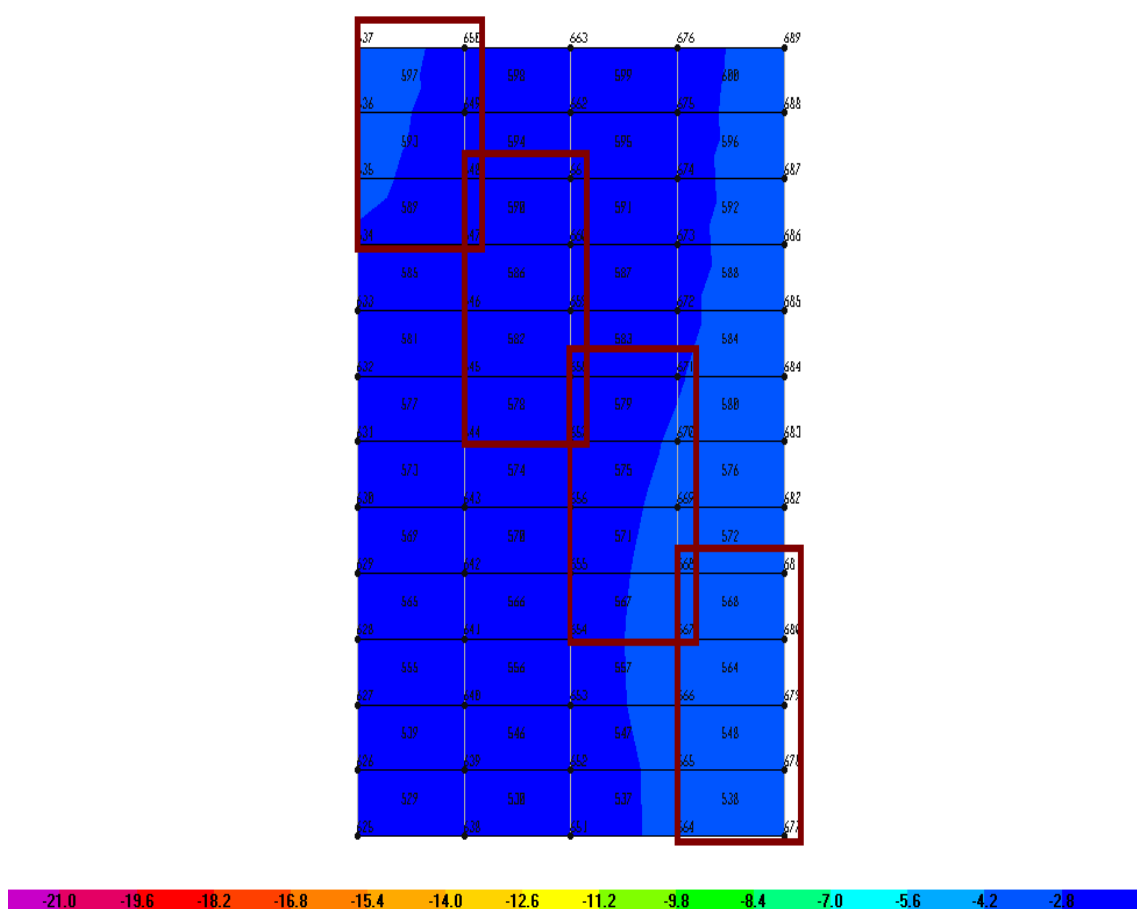


Tabla 24. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 24: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
538	664	-0.74	-2.95	0.19	-0.72	-2.97
538	677	-1.06	-4.24	0.46	-0.99	-4.3
538	678	-0.43	-4.08	0.75	-0.28	-4.23
538	665	-0.11	-2.8	0.48	-0.03021	-2.88
548	665	-0.17	-3.03	0.42	-0.11	-3.09
548	678	-0.34	-3.72	0.33	-0.31	-3.75

TABLA 24: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
548	679	-0.18	-3.68	0.15	-0.17	-3.68
548	666	-0.004872	-2.99	0.24	0.0141	-3.01
564	666	-0.01537	-3.03	0.19	-0.00312	-3.04
564	679	-0.12	-3.45	0.16	-0.11	-3.46
564	680	-0.12	-3.45	0.12	-0.11	-3.45
564	667	-0.01001	-3.03	0.15	-0.002373	-3.04
568	667	-0.001032	-2.99	0.13	0.004954	-3
568	680	-0.08538	-3.33	0.1	-0.08223	-3.33
568	681	-0.07568	-3.33	0.08042	-0.07369	-3.33
568	668	0.008672	-2.99	0.11	0.01294	-2.99
567	654	-0.06327	-2.58	0.25	-0.03935	-2.61
567	667	-0.18	-3.04	0.22	-0.16	-3.05
567	668	-0.13	-3.02	0.2	-0.11	-3.04
567	655	-0.01478	-2.57	0.23	0.005653	-2.59
571	655	-0.01348	-2.57	0.23	0.00709	-2.59
571	668	-0.11	-2.97	0.19	-0.1	-2.98
571	669	-0.11	-2.97	0.18	-0.1	-2.98
571	656	-0.01394	-2.57	0.22	0.004698	-2.58
575	656	-0.004381	-2.53	0.22	0.01461	-2.55
575	669	-0.09749	-2.9	0.17	-0.08706	-2.91
575	670	-0.14	-2.91	0.16	-0.13	-2.92
575	657	-0.04196	-2.54	0.21	-0.02469	-2.55

TABLA 24: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
579	657	-0.02498	-2.47	0.21	-0.007021	-2.49
579	670	-0.11	-2.83	0.15	-0.11	-2.84
579	671	-0.18	-2.84	0.14	-0.17	-2.85
579	658	-0.0917	-2.49	0.2	-0.0756	-2.5
578	644	-0.04618	-2.29	0.29	-0.01031	-2.32
578	657	-0.0955	-2.49	0.28	-0.0628	-2.52
578	658	-0.14	-2.5	0.3	-0.09957	-2.53
578	645	-0.0883	-2.3	0.31	-0.04663	-2.34
582	645	-0.09735	-2.34	0.32	-0.05157	-2.38
582	658	-0.11	-2.4	0.3	-0.07285	-2.44
582	659	-0.17	-2.41	0.33	-0.12	-2.46
582	646	-0.16	-2.35	0.35	-0.1	-2.41
590	647	-0.2	-2.42	0.41	-0.12	-2.49
590	660	-0.13	-2.14	0.4	-0.05011	-2.21
590	661	-0.18	-2.15	0.45	-0.08491	-2.25
590	648	-0.25	-2.43	0.46	-0.16	-2.53
589	634	-0.16	-2.84	0.3	-0.13	-2.87
589	647	-0.04709	-2.38	0.32	-0.004894	-2.42
589	648	0.03911	-2.36	0.37	0.09443	-2.42
589	635	-0.07536	-2.82	0.35	-0.03068	-2.86
593	635	-0.19	-3.26	0.27	-0.16	-3.28
593	648	0.05355	-2.3	0.48	0.15	-2.4

TABLA 24: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
593	649	0.04539	-2.31	0.61	0.19	-2.45
593	636	-0.19	-3.26	0.4	-0.14	-3.31
597	636	-0.34	-3.83	0.71	-0.2	-3.96
597	649	0.17	-1.79	0.4	0.25	-1.87
597	650	-1.63	-2.24	0.74	-1.14	-2.74
597	637	-2.14	-4.28	1.05	-1.72	-4.71

ZONA DE TRACCIÓN

Fig 69. Pared de piso 1 con esbeltez 1.5

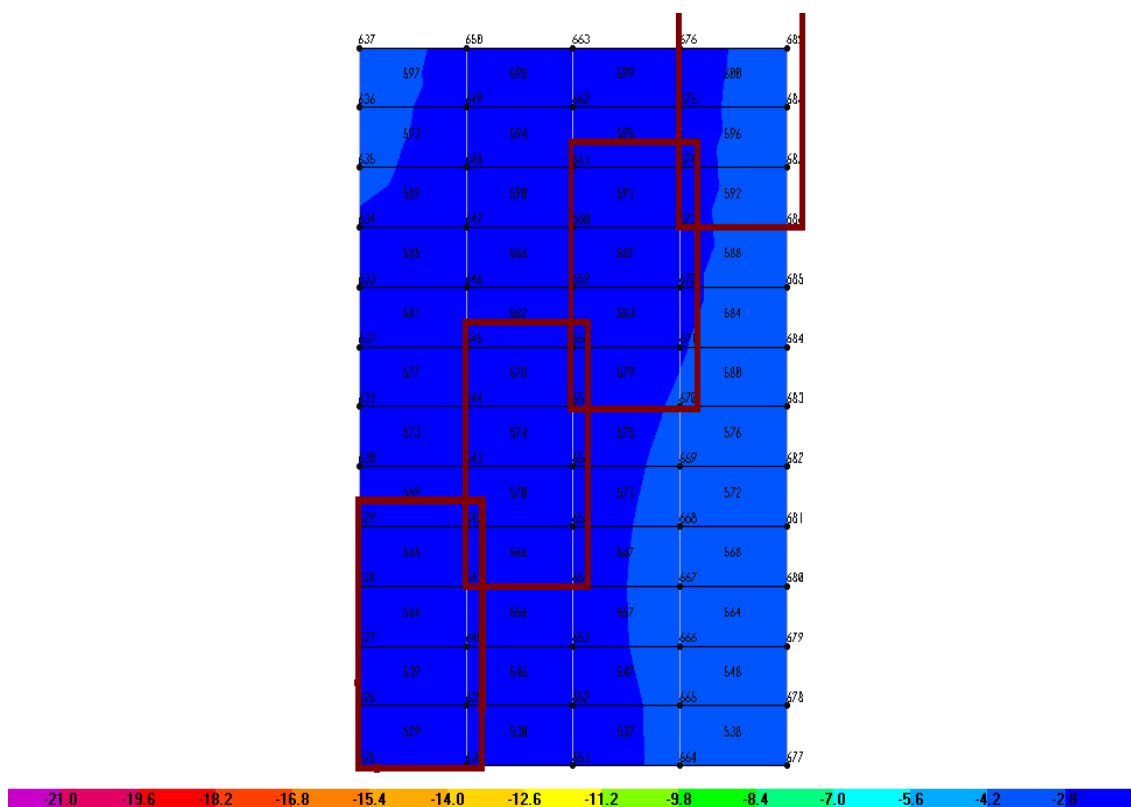


Tabla 25. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 25: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
529	625	-0.41	-1.64	-0.16	-0.39	-1.66
529	638	-0.51	-2.03	-0.01768	-0.51	-2.03
529	639	-0.2	-1.95	-0.08084	-0.2	-1.96
529	626	-0.11	-1.56	-0.22	-0.07293	-1.6
539	626	-0.0925	-1.51	-0.03589	-0.09159	-1.51
539	639	-0.24	-2.1	-0.04248	-0.24	-2.1
539	640	-0.13	-2.07	0.05078	-0.13	-2.07
539	627	0.01934	-1.48	0.05738	0.02154	-1.48
555	627	0.009079	-1.52	0.0614	0.01154	-1.52
555	640	-0.15	-2.14	0.08836	-0.14	-2.15
555	641	-0.11	-2.14	0.12	-0.1	-2.14
555	628	0.04788	-1.51	0.08934	0.05299	-1.51
565	628	0.02208	-1.61	0.1	0.02848	-1.62
565	641	-0.12	-2.19	0.13	-0.11	-2.2
565	642	-0.08297	-2.18	0.15	-0.07202	-2.19
565	629	0.06042	-1.6	0.12	0.06896	-1.61
566	641	-0.06693	-2.17	0.21	-0.0465	-2.19
566	654	-0.18	-2.61	0.23	-0.16	-2.63
566	655	-0.12	-2.6	0.25	-0.09087	-2.62
566	642	-0.006212	-2.16	0.23	0.01789	-2.18

TABLA 25: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
570	642	-0.01817	-2.21	0.24	0.007548	-2.23
570	655	-0.11	-2.59	0.25	-0.08942	-2.62
570	656	-0.1	-2.59	0.26	-0.07485	-2.62
570	643	-0.006264	-2.2	0.25	0.02231	-2.23
574	643	-0.0169	-2.25	0.26	0.01317	-2.28
574	656	-0.093	-2.55	0.26	-0.06479	-2.58
574	657	-0.11	-2.55	0.28	-0.08089	-2.59
574	644	-0.03639	-2.25	0.28	-0.002634	-2.28
578	644	-0.04618	-2.29	0.29	-0.01031	-2.32
578	657	-0.0955	-2.49	0.28	-0.0628	-2.52
578	658	-0.14	-2.5	0.3	-0.09957	-2.53
578	645	-0.0883	-2.3	0.31	-0.04663	-2.34
582	645	-0.09735	-2.34	0.32	-0.05157	-2.38
582	658	-0.11	-2.4	0.3	-0.07285	-2.44
582	659	-0.17	-2.41	0.33	-0.12	-2.46
582	646	-0.16	-2.35	0.35	-0.1	-2.41
583	658	-0.06686	-2.39	0.2	-0.0498	-2.4
583	671	-0.16	-2.74	0.12	-0.15	-2.75
583	672	-0.24	-2.76	0.11	-0.24	-2.77
583	659	-0.15	-2.41	0.19	-0.14	-2.42
587	659	-0.12	-2.28	0.19	-0.1	-2.3
587	672	-0.2	-2.62	0.08464	-0.2	-2.62

TABLA 25: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
587	673	-0.31	-2.64	0.07867	-0.31	-2.65
587	660	-0.23	-2.3	0.19	-0.21	-2.32
591	660	-0.19	-2.15	0.21	-0.16	-2.17
591	673	-0.26	-2.44	0.04433	-0.26	-2.44
591	674	-0.28	-2.45	0.03065	-0.28	-2.45
591	661	-0.21	-2.16	0.2	-0.19	-2.18
592	673	0.04185	-2.37	-0.14	0.04985	-2.37
592	686	-0.26	-3.58	-0.19	-0.25	-3.59
592	687	-0.26	-3.58	-0.25	-0.24	-3.6
592	674	0.04491	-2.37	-0.2	0.062	-2.38
596	674	0.1	-2.13	-0.21	0.12	-2.15
596	687	-0.35	-3.93	-0.34	-0.31	-3.96
596	688	-0.23	-3.9	-0.31	-0.21	-3.92
596	675	0.22	-2.1	-0.18	0.23	-2.12
600	675	0.28	-1.83	-0.13	0.29	-1.84
600	688	-0.36	-4.39	-0.13	-0.35	-4.39
600	689	0.38	-4.2	-0.35	0.41	-4.23
600	676	1.02	-1.65	-0.36	1.07	-1.69

Figura 70. Pared de piso 1 con esbeltez 1.0

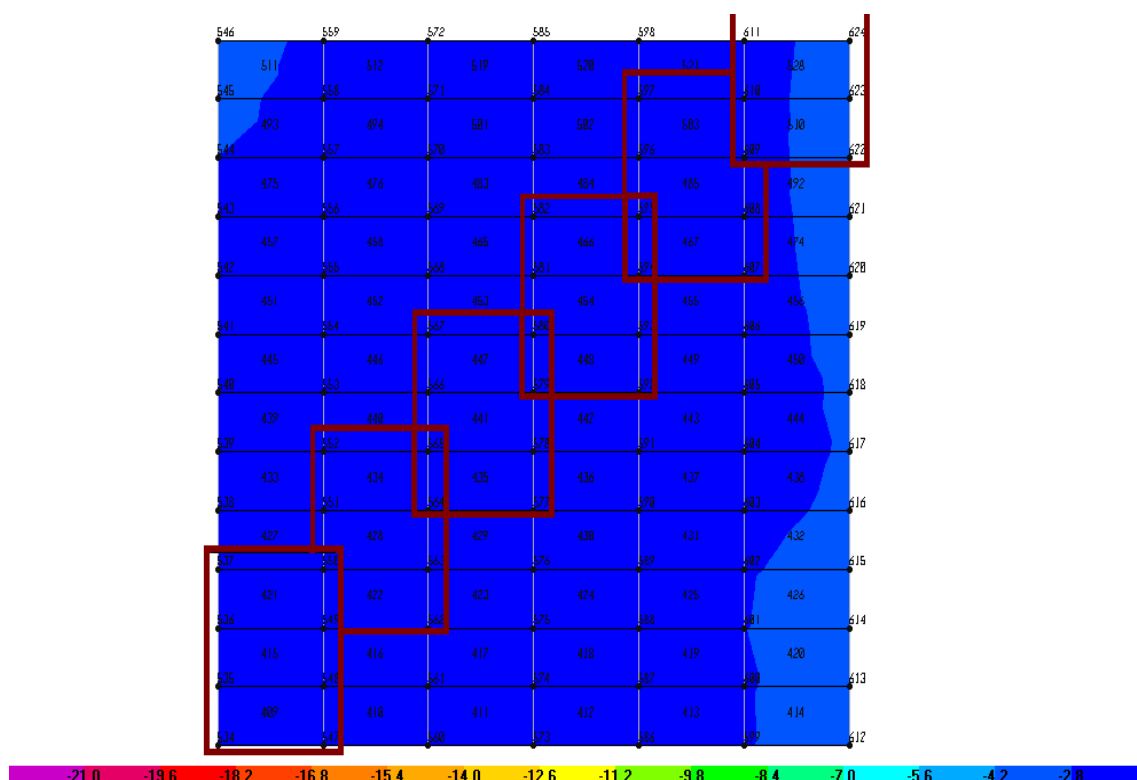


Tabla 26. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 1 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 26: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
409	534	-0.48	-1.93	-0.2	-0.46	-1.96
409	547	-0.48	-1.94	-0.04888	-0.48	-1.94
409	548	-0.16	-1.86	-0.15	-0.15	-1.87
409	535	-0.16	-1.85	-0.3	-0.11	-1.9
415	535	-0.13	-1.75	-0.08618	-0.13	-1.75
415	548	-0.2	-2	-0.11	-0.19	-2
415	549	-0.09251	-1.97	-0.0089	-0.09247	-1.97
415	536	-0.02995	-1.72	0.01345	-0.02984	-1.72

TABLA 26: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
421	536	-0.02663	-1.71	0.01479	-0.0265	-1.71
421	549	-0.11	-2.03	0.03097	-0.11	-2.03
421	550	-0.08153	-2.03	0.06167	-0.07957	-2.03
421	537	-3.027E-06	-1.7	0.04549	0.001213	-1.7
422	549	-0.23	-2.06	0.06178	-0.22	-2.06
422	562	-0.26	-2.18	0.08736	-0.25	-2.18
422	563	-0.16	-2.15	0.13	-0.15	-2.16
422	550	-0.13	-2.04	0.11	-0.12	-2.04
428	550	-0.14	-2.08	0.13	-0.13	-2.09
428	563	-0.17	-2.2	0.16	-0.16	-2.21
428	564	-0.12	-2.18	0.19	-0.1	-2.2
428	551	-0.09247	-2.07	0.17	-0.07831	-2.08
434	551	-0.1	-2.11	0.18	-0.08652	-2.13
434	564	-0.13	-2.21	0.21	-0.11	-2.23
434	565	-0.09952	-2.2	0.24	-0.07185	-2.23
434	552	-0.07468	-2.1	0.22	-0.05212	-2.12
435	564	-0.19	-2.22	0.23	-0.17	-2.25
435	577	-0.21	-2.31	0.23	-0.19	-2.34
435	578	-0.18	-2.3	0.25	-0.15	-2.33
435	565	-0.16	-2.22	0.25	-0.13	-2.25
441	565	-0.16	-2.23	0.27	-0.13	-2.26
441	578	-0.17	-2.28	0.25	-0.14	-2.31

TABLA 26: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
441	579	-0.17	-2.28	0.27	-0.13	-2.32
441	566	-0.15	-2.22	0.29	-0.11	-2.26
447	566	-0.15	-2.23	0.3	-0.11	-2.27
447	579	-0.16	-2.24	0.28	-0.12	-2.27
447	580	-0.16	-2.24	0.3	-0.12	-2.28
447	567	-0.16	-2.23	0.32	-0.11	-2.28
448	579	-0.16	-2.24	0.22	-0.14	-2.26
448	592	-0.19	-2.37	0.16	-0.18	-2.38
448	593	-0.21	-2.37	0.16	-0.2	-2.38
448	580	-0.18	-2.24	0.22	-0.16	-2.27
454	580	-0.17	-2.19	0.23	-0.14	-2.21
454	593	-0.19	-2.28	0.16	-0.18	-2.29
454	594	-0.21	-2.28	0.16	-0.2	-2.29
454	581	-0.19	-2.19	0.23	-0.16	-2.22
466	581	-0.17	-2.13	0.24	-0.14	-2.16
466	594	-0.18	-2.18	0.16	-0.17	-2.19
466	595	-0.16	-2.17	0.15	-0.15	-2.19
466	582	-0.15	-2.13	0.23	-0.12	-2.16
467	594	-0.11	-2.16	0.01576	-0.11	-2.16
467	607	-0.19	-2.49	-0.06573	-0.19	-2.49
467	608	-0.21	-2.49	-0.06405	-0.21	-2.49
467	595	-0.13	-2.17	0.01744	-0.13	-2.17

TABLA 26: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
485	595	-0.11	-2.09	0.02505	-0.11	-2.09
485	608	-0.17	-2.33	-0.07859	-0.17	-2.33
485	609	-0.14	-2.32	-0.03855	-0.14	-2.32
485	596	-0.07928	-2.08	0.06509	-0.07716	-2.09
503	596	-0.07612	-2.07	0.0942	-0.07168	-2.07
503	609	-0.08197	-2.09	-0.03767	-0.08126	-2.09
503	610	0.17	-2.03	0.01795	0.17	-2.03
503	597	0.18	-2.01	0.15	0.19	-2.02
510	609	0.12	-2.04	-0.25	0.14	-2.07
510	622	-0.33	-3.82	-0.36	-0.29	-3.86
510	623	-0.19	-3.78	-0.33	-0.16	-3.81
510	610	0.26	-2.01	-0.22	0.28	-2.03
528	610	0.31	-1.78	-0.15	0.32	-1.79
528	623	-0.31	-4.27	-0.14	-0.3	-4.27
528	624	0.37	-4.1	-0.34	0.4	-4.12
528	611	1	-1.61	-0.35	1.04	-1.66

Figura 71. Pared de piso 2 con esbeltez 1.5

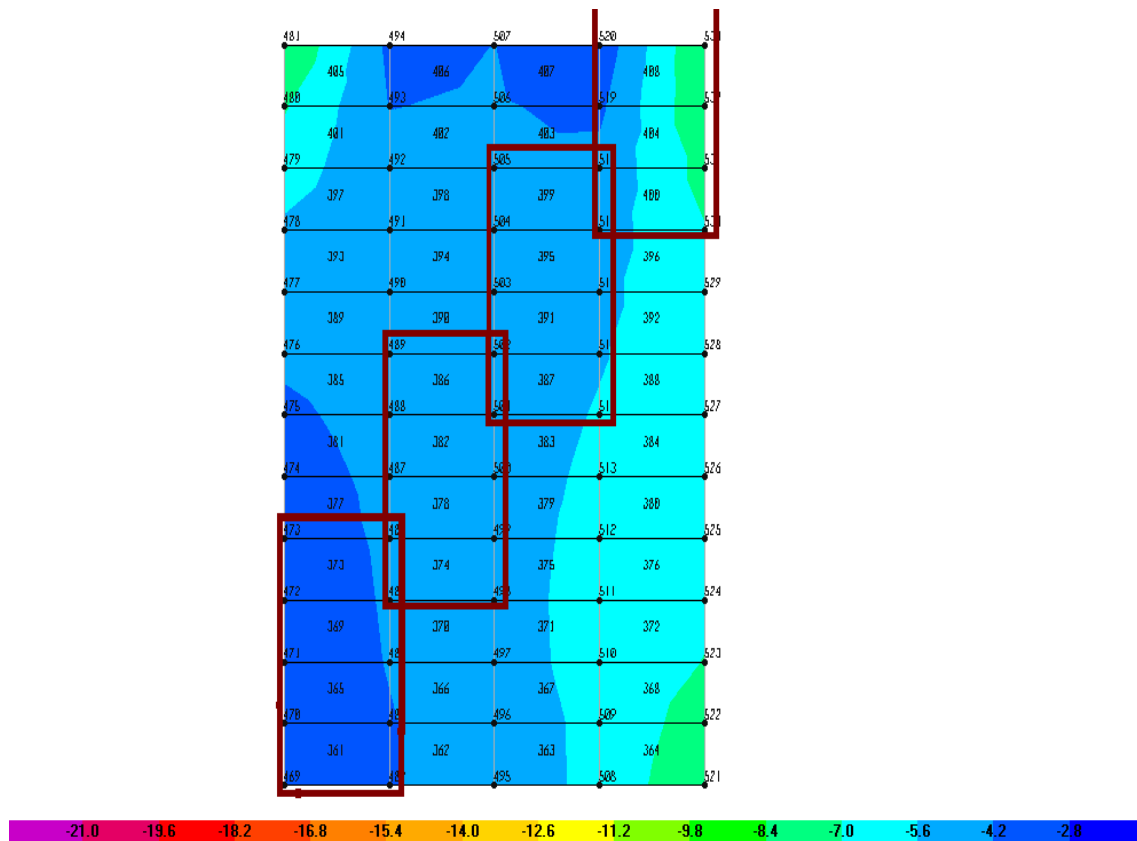


Tabla 27. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 27: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
361	469	-0.85	-3.4	-0.33	-0.81	-3.44
361	482	-1.03	-4.1	-0.04291	-1.03	-4.1
361	483	-0.4	-3.95	-0.18	-0.4	-3.96
361	470	-0.23	-3.24	-0.47	-0.16	-3.31
365	470	-0.2	-3.12	-0.08461	-0.19	-3.12
365	483	-0.48	-4.25	-0.1	-0.48	-4.25
365	484	-0.25	-4.19	0.08908	-0.25	-4.19

TABLA 27: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
365	471	0.02973	-3.06	0.11	0.03338	-3.06
369	471	0.01205	-3.13	0.11	0.01614	-3.13
369	484	-0.29	-4.33	0.16	-0.28	-4.34
369	485	-0.21	-4.32	0.22	-0.2	-4.33
369	472	0.08814	-3.11	0.17	0.09716	-3.12
373	472	0.03879	-3.31	0.2	0.05034	-3.32
373	485	-0.24	-4.41	0.26	-0.22	-4.43
373	486	-0.16	-4.4	0.29	-0.14	-4.42
373	473	0.11	-3.29	0.23	0.13	-3.3
374	485	-0.14	-4.39	0.4	-0.1	-4.43
374	498	-0.35	-5.23	0.44	-0.31	-5.26
374	499	-0.23	-5.2	0.48	-0.18	-5.24
374	486	-0.01969	-4.36	0.44	0.02452	-4.4
378	486	-0.04241	-4.45	0.46	0.00502	-4.5
378	499	-0.23	-5.18	0.48	-0.18	-5.23
378	500	-0.2	-5.18	0.51	-0.15	-5.23
378	487	-0.01998	-4.44	0.49	0.033	-4.5
382	487	-0.03989	-4.52	0.5	0.01611	-4.58
382	500	-0.18	-5.1	0.51	-0.13	-5.15
382	501	-0.22	-5.11	0.54	-0.17	-5.17
382	488	-0.08059	-4.53	0.53	-0.01742	-4.6
386	488	-0.09863	-4.61	0.56	-0.03118	-4.67

TABLA 27: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
386	501	-0.19	-4.97	0.54	-0.13	-5.03
386	502	-0.28	-4.99	0.58	-0.2	-5.07
386	489	-0.18	-4.63	0.6	-0.11	-4.71
387	501	-0.05517	-4.94	0.4	-0.02299	-4.97
387	514	-0.23	-5.64	0.28	-0.22	-5.65
387	515	-0.36	-5.67	0.25	-0.35	-5.68
387	502	-0.19	-4.97	0.37	-0.16	-5
391	502	-0.14	-4.77	0.38	-0.11	-4.8
391	515	-0.31	-5.47	0.22	-0.3	-5.48
391	516	-0.48	-5.51	0.19	-0.47	-5.52
391	503	-0.3	-4.81	0.35	-0.28	-4.84
395	503	-0.24	-4.55	0.36	-0.21	-4.58
395	516	-0.41	-5.22	0.15	-0.4	-5.23
395	517	-0.61	-5.28	0.13	-0.61	-5.28
395	504	-0.45	-4.6	0.35	-0.42	-4.63
399	504	-0.37	-4.3	0.39	-0.33	-4.34
399	517	-0.51	-4.88	0.06592	-0.51	-4.88
399	518	-0.54	-4.89	0.04271	-0.54	-4.89
399	505	-0.4	-4.31	0.37	-0.36	-4.34
400	517	0.08516	-4.73	-0.29	0.1	-4.75
400	530	-0.52	-7.17	-0.39	-0.5	-7.19
400	531	-0.51	-7.16	-0.52	-0.47	-7.2

TABLA 27: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
400	518	0.09428	-4.73	-0.42	0.13	-4.76
404	518	0.21	-4.27	-0.43	0.25	-4.31
404	531	-0.69	-7.86	-0.69	-0.62	-7.92
404	532	-0.46	-7.8	-0.63	-0.41	-7.85
404	519	0.44	-4.21	-0.37	0.47	-4.24
408	519	0.57	-3.67	-0.27	0.59	-3.68
408	532	-0.71	-8.78	-0.26	-0.7	-8.79
408	533	0.77	-8.41	-0.71	0.83	-8.47
408	520	2.05	-3.3	-0.72	2.15	-3.39

Figura 72. Pared de piso 2 con esbeltez 1.0

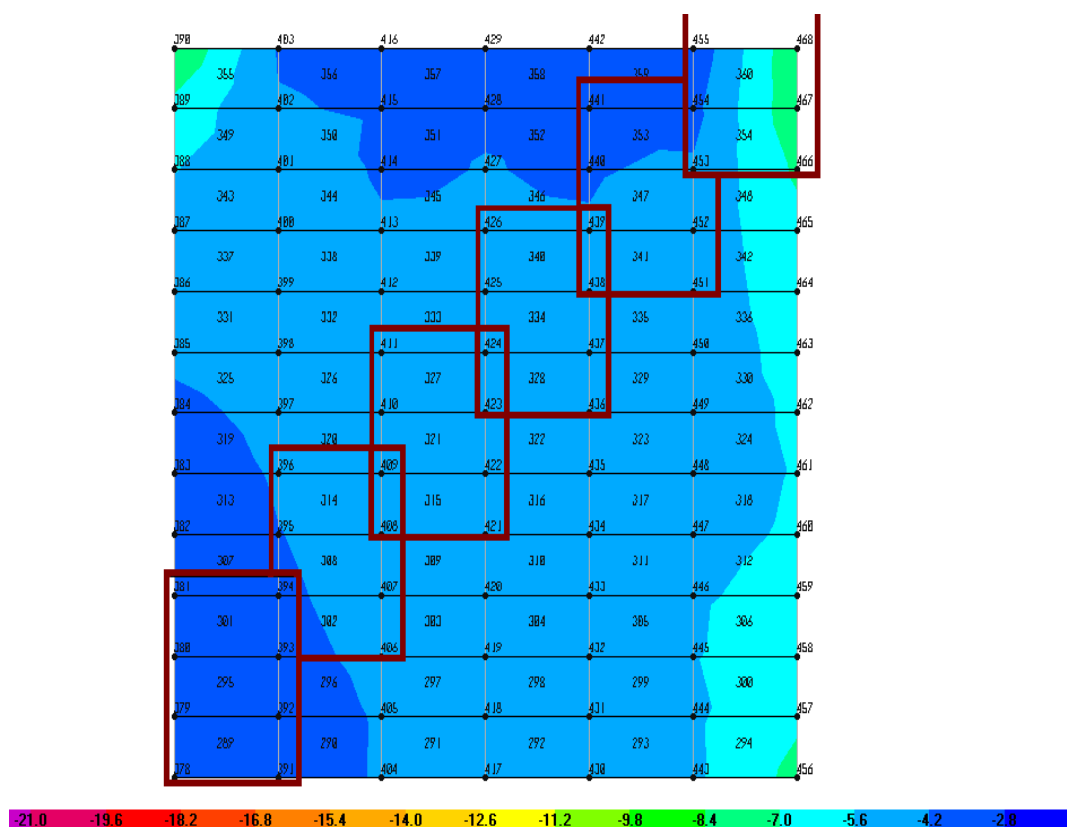


Tabla 28. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 28: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
289	378	-0.98	-3.93	-0.4	-0.93	-3.98
289	391	-0.97	-3.9	-0.1	-0.97	-3.9
289	392	-0.32	-3.73	-0.3	-0.29	-3.76
289	379	-0.33	-3.76	-0.6	-0.22	-3.87
295	379	-0.27	-3.54	-0.18	-0.26	-3.55
295	392	-0.39	-4.02	-0.23	-0.38	-4.03
295	393	-0.18	-3.97	-0.02427	-0.18	-3.97
295	380	-0.06468	-3.49	0.02248	-0.06453	-3.49
301	380	-0.05663	-3.46	0.025	-0.05645	-3.46
301	393	-0.21	-4.09	0.05601	-0.21	-4.09
301	394	-0.16	-4.08	0.12	-0.16	-4.08
301	381	-0.004101	-3.45	0.08716	-0.001894	-3.45
302	393	-0.46	-4.15	0.11	-0.46	-4.16
302	406	-0.51	-4.36	0.16	-0.5	-4.37
302	407	-0.32	-4.31	0.26	-0.3	-4.33
302	394	-0.27	-4.1	0.21	-0.26	-4.11
308	394	-0.29	-4.18	0.25	-0.27	-4.19
308	407	-0.34	-4.4	0.3	-0.32	-4.42
308	408	-0.25	-4.38	0.38	-0.21	-4.41
308	395	-0.19	-4.15	0.33	-0.16	-4.18

TABLA 28: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
314	395	-0.21	-4.24	0.36	-0.18	-4.27
314	408	-0.26	-4.42	0.41	-0.22	-4.46
314	409	-0.2	-4.41	0.48	-0.15	-4.46
314	396	-0.15	-4.22	0.42	-0.11	-4.27
315	408	-0.39	-4.45	0.45	-0.34	-4.5
315	421	-0.43	-4.62	0.44	-0.38	-4.67
315	422	-0.36	-4.6	0.48	-0.31	-4.66
315	409	-0.32	-4.44	0.49	-0.26	-4.49
321	409	-0.32	-4.46	0.52	-0.26	-4.52
321	422	-0.35	-4.56	0.49	-0.29	-4.62
321	423	-0.33	-4.56	0.53	-0.27	-4.62
321	410	-0.31	-4.45	0.56	-0.23	-4.53
327	410	-0.31	-4.45	0.59	-0.22	-4.53
327	423	-0.31	-4.47	0.54	-0.24	-4.54
327	424	-0.33	-4.48	0.57	-0.25	-4.55
327	411	-0.32	-4.45	0.62	-0.23	-4.55
328	423	-0.32	-4.47	0.43	-0.28	-4.52
328	436	-0.38	-4.72	0.31	-0.36	-4.75
328	437	-0.42	-4.73	0.31	-0.4	-4.76
328	424	-0.36	-4.48	0.43	-0.31	-4.53
334	424	-0.33	-4.37	0.44	-0.28	-4.42
334	437	-0.37	-4.55	0.3	-0.35	-4.57

TABLA 28: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
334	438	-0.41	-4.56	0.3	-0.39	-4.58
334	425	-0.37	-4.38	0.45	-0.32	-4.43
340	425	-0.34	-4.27	0.46	-0.29	-4.32
340	438	-0.36	-4.36	0.3	-0.34	-4.38
340	439	-0.3	-4.34	0.29	-0.28	-4.36
340	426	-0.28	-4.25	0.45	-0.23	-4.3
341	438	-0.22	-4.32	0.01889	-0.22	-4.32
341	451	-0.38	-4.96	-0.14	-0.37	-4.97
341	452	-0.42	-4.98	-0.14	-0.42	-4.98
341	439	-0.26	-4.33	0.02329	-0.26	-4.33
347	439	-0.22	-4.18	0.03942	-0.22	-4.18
347	452	-0.34	-4.66	-0.17	-0.34	-4.66
347	453	-0.27	-4.64	-0.08398	-0.27	-4.64
347	440	-0.15	-4.16	0.12	-0.15	-4.17
353	440	-0.15	-4.14	0.18	-0.14	-4.15
353	453	-0.16	-4.18	-0.08126	-0.16	-4.19
353	454	0.35	-4.06	0.03218	0.35	-4.06
353	441	0.36	-4.01	0.29	0.38	-4.03
354	453	0.23	-4.09	-0.51	0.29	-4.15
354	466	-0.65	-7.64	-0.73	-0.58	-7.71
354	467	-0.37	-7.57	-0.66	-0.31	-7.63
354	454	0.52	-4.02	-0.43	0.56	-4.06

TABLA 28: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
360	454	0.63	-3.56	-0.3	0.65	-3.58
360	467	-0.61	-8.54	-0.28	-0.6	-8.55
360	468	0.75	-8.19	-0.68	0.8	-8.25
360	455	1.99	-3.22	-0.7	2.08	-3.31

Figura 73. Pared de piso 3 con esbeltez 1.5

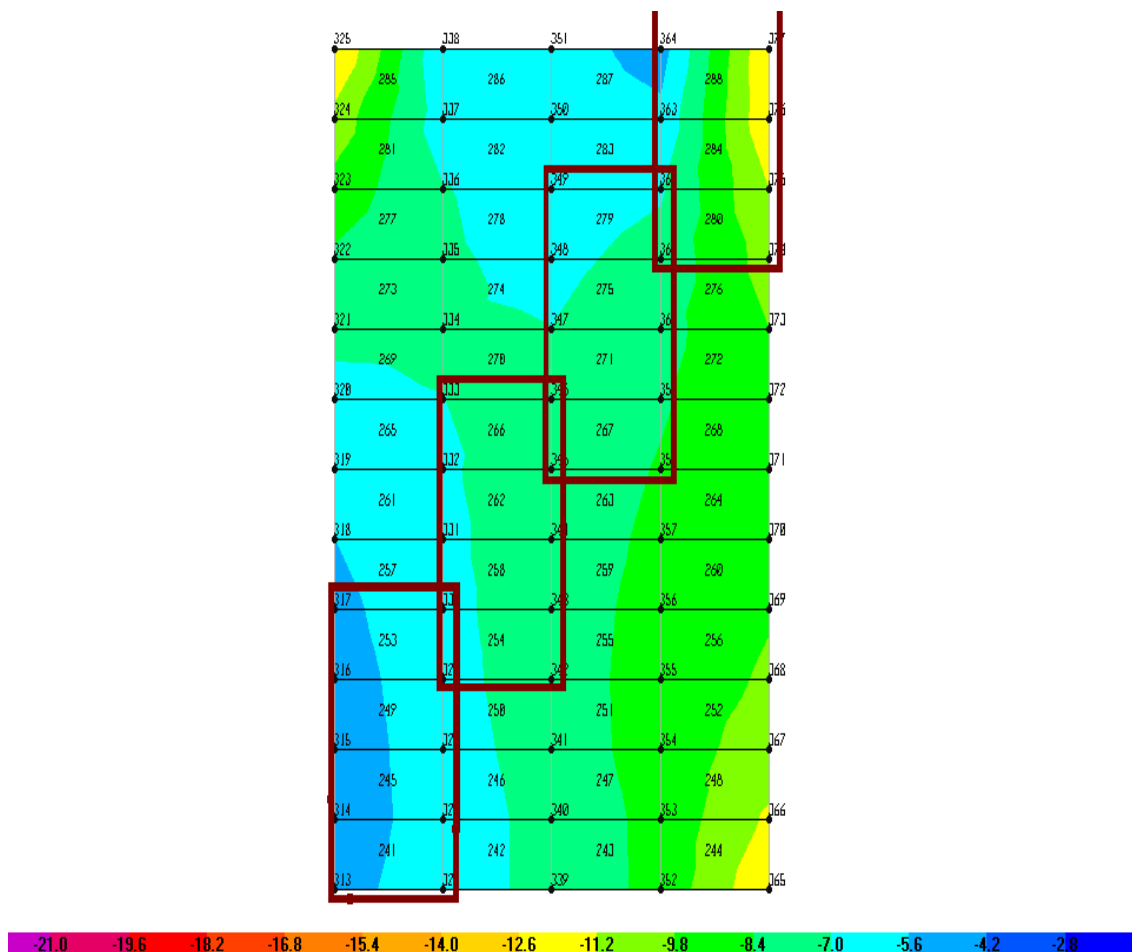


Tabla 29. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 29: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
241	313	-1.3	-5.21	-0.52	-1.24	-5.27
241	326	-1.55	-6.2	-0.07166	-1.55	-6.2
241	327	-0.6	-5.96	-0.29	-0.59	-5.97
241	314	-0.36	-4.97	-0.73	-0.24	-5.08
242	326	-1.55	-6.2	-0.07166	-1.55	-6.2
242	339	-1.88	-7.52	0.24	-1.87	-7.53
242	340	-1.28	-7.37	0.4	-1.25	-7.4
242	327	-0.95	-6.05	0.08352	-0.95	-6.05
243	339	-1.88	-7.52	0.24	-1.87	-7.53
243	352	-2.19	-8.77	0.55	-2.15	-8.82
243	353	-1.57	-8.62	1.04	-1.42	-8.77
243	340	-1.26	-7.37	0.74	-1.17	-7.46
244	352	-2.19	-8.77	0.55	-2.15	-8.82
244	365	-3.11	-12.44	1.35	-2.92	-12.63
244	366	-1.26	-11.98	2.19	-0.83	-12.41
244	353	-0.35	-8.31	1.38	-0.11	-8.54
245	314	-0.31	-4.77	-0.14	-0.3	-4.77
245	327	-0.72	-6.41	-0.17	-0.71	-6.42
245	328	-0.37	-6.33	0.12	-0.37	-6.33
245	315	0.03584	-4.68	0.15	0.04065	-4.69

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
246	327	-1.06	-6.5	0.2	-1.05	-6.51
246	340	-1.34	-7.62	0.37	-1.32	-7.64
246	341	-0.78	-7.48	0.45	-0.75	-7.51
246	328	-0.5	-6.36	0.27	-0.49	-6.37
247	340	-1.32	-7.61	0.71	-1.24	-7.69
247	353	-1.74	-9.3	0.88	-1.64	-9.4
247	354	-0.97	-9.11	0.88	-0.87	-9.2
247	341	-0.55	-7.42	0.72	-0.47	-7.5
248	353	-0.52	-8.99	1.22	-0.35	-9.16
248	366	-1	-10.93	0.95	-0.91	-11.02
248	367	-0.51	-10.8	0.41	-0.5	-10.82
248	354	-0.0288	-8.87	0.68	0.02378	-8.92
249	315	0.01211	-4.78	0.16	0.01751	-4.78
249	328	-0.43	-6.54	0.24	-0.42	-6.55
249	329	-0.32	-6.51	0.32	-0.3	-6.53
249	316	0.12	-4.75	0.25	0.14	-4.76
250	328	-0.55	-6.57	0.39	-0.53	-6.6
250	341	-0.86	-7.79	0.5	-0.82	-7.83
250	342	-0.48	-7.7	0.64	-0.43	-7.75
250	329	-0.18	-6.48	0.52	-0.14	-6.52
251	341	-0.62	-7.73	0.77	-0.54	-7.81
251	354	-1	-9.23	0.75	-0.93	-9.3

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
251	355	-0.55	-9.12	0.66	-0.49	-9.17
251	342	-0.17	-7.62	0.69	-0.11	-7.68
252	354	-0.06108	-9	0.55	-0.02784	-9.03
252	367	-0.35	-10.16	0.46	-0.33	-10.18
252	368	-0.33	-10.15	0.34	-0.32	-10.16
252	355	-0.04158	-8.99	0.43	-0.02142	-9.01
253	316	0.05293	-5.04	0.29	0.06907	-5.05
253	329	-0.35	-6.66	0.38	-0.33	-6.68
253	330	-0.24	-6.63	0.43	-0.21	-6.66
253	317	0.16	-5.01	0.34	0.19	-5.03
254	329	-0.22	-6.62	0.58	-0.16	-6.67
254	342	-0.52	-7.84	0.64	-0.46	-7.89
254	343	-0.34	-7.79	0.7	-0.28	-7.86
254	330	-0.03659	-6.58	0.64	0.02596	-6.64
255	342	-0.2	-7.76	0.69	-0.14	-7.82
255	355	-0.52	-9.02	0.6	-0.48	-9.06
255	356	-0.38	-8.99	0.55	-0.34	-9.02
255	343	-0.05922	-7.72	0.63	-0.006999	-7.77
256	355	-0.01691	-8.9	0.37	-0.001452	-8.91
256	368	-0.25	-9.81	0.28	-0.24	-9.82
256	369	-0.21	-9.8	0.22	-0.21	-9.81
256	356	0.01509	-8.89	0.31	0.02575	-8.9

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
257	317	0.06805	-5.4	0.37	0.09239	-5.42
257	330	-0.27	-6.76	0.46	-0.24	-6.79
257	331	-0.19	-6.74	0.49	-0.16	-6.78
257	318	0.15	-5.38	0.4	0.18	-5.4
258	330	-0.06945	-6.71	0.67	-0.002133	-6.78
258	343	-0.34	-7.77	0.7	-0.27	-7.84
258	344	-0.3	-7.77	0.74	-0.23	-7.84
258	331	-0.03719	-6.7	0.71	0.03829	-6.78
259	343	-0.05459	-7.7	0.64	-0.002012	-7.76
259	356	-0.34	-8.83	0.52	-0.3	-8.86
259	357	-0.34	-8.83	0.49	-0.31	-8.86
259	344	-0.05675	-7.7	0.6	-0.009682	-7.75
260	356	0.05409	-8.73	0.28	0.06308	-8.74
260	369	-0.16	-9.6	0.18	-0.16	-9.6
260	370	-0.19	-9.61	0.14	-0.19	-9.61
260	357	0.02237	-8.74	0.24	0.02893	-8.75
261	318	0.03492	-5.83	0.42	0.06503	-5.86
261	331	-0.22	-6.85	0.52	-0.18	-6.89
261	332	-0.17	-6.84	0.56	-0.12	-6.89
261	319	0.08769	-5.82	0.46	0.12	-5.85
262	331	-0.06573	-6.81	0.74	0.01431	-6.89
262	344	-0.27	-7.65	0.74	-0.2	-7.72

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
262	345	-0.34	-7.66	0.79	-0.25	-7.75
262	332	-0.13	-6.83	0.78	-0.03781	-6.92
263	344	-0.02705	-7.58	0.6	0.02096	-7.63
263	357	-0.29	-8.64	0.46	-0.26	-8.66
263	358	-0.4	-8.66	0.43	-0.38	-8.69
263	345	-0.14	-7.61	0.57	-0.09702	-7.66
264	357	0.07083	-8.55	0.21	0.07607	-8.55
264	370	-0.16	-9.49	0.12	-0.16	-9.49
264	371	-0.23	-9.5	0.07201	-0.23	-9.5
264	358	0.004446	-8.56	0.17	0.007633	-8.57
265	319	-0.04355	-6.34	0.49	-0.006046	-6.38
265	332	-0.19	-6.94	0.59	-0.14	-6.99
265	333	-0.15	-6.93	0.64	-0.08779	-6.99
265	320	0.001986	-6.33	0.54	0.04786	-6.38
266	332	-0.15	-6.93	0.82	-0.05688	-7.03
266	345	-0.28	-7.45	0.79	-0.2	-7.54
266	346	-0.41	-7.49	0.86	-0.31	-7.59
266	333	-0.28	-6.96	0.88	-0.17	-7.08
267	345	-0.08777	-7.4	0.57	-0.043	-7.45
267	358	-0.34	-8.43	0.39	-0.33	-8.45
267	359	-0.54	-8.48	0.35	-0.53	-8.5
267	346	-0.29	-7.45	0.53	-0.25	-7.49

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
268	358	0.06292	-8.33	0.13	0.06495	-8.33
268	371	-0.22	-9.47	0.0375	-0.22	-9.47
268	372	-0.31	-9.5	-0.03594	-0.31	-9.5
268	359	-0.02546	-8.35	0.05709	-0.02507	-8.35
269	320	-0.16	-6.96	0.58	-0.11	-7.01
269	333	-0.17	-7.02	0.69	-0.1	-7.09
269	334	-0.11	-7	0.77	-0.01952	-7.09
269	321	-0.09	-6.94	0.66	-0.02761	-7.01
270	333	-0.31	-7.06	0.93	-0.18	-7.18
270	346	-0.34	-7.18	0.86	-0.23	-7.29
270	347	-0.51	-7.23	0.95	-0.38	-7.36
270	334	-0.48	-7.1	1.01	-0.33	-7.25
271	346	-0.21	-7.15	0.54	-0.17	-7.19
271	359	-0.47	-8.18	0.3	-0.46	-8.19
271	360	-0.72	-8.24	0.26	-0.71	-8.25
271	347	-0.46	-7.21	0.5	-0.42	-7.25
272	359	0.04935	-8.05	0.009911	0.04936	-8.05
272	372	-0.34	-9.61	-0.09785	-0.34	-9.62
272	373	-0.45	-9.64	-0.21	-0.45	-9.65
272	360	-0.06348	-8.08	-0.11	-0.06207	-8.08
273	321	-0.28	-7.71	0.72	-0.21	-7.78
273	334	-0.12	-7.08	0.84	-0.02403	-7.18

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
273	335	-0.1	-7.08	0.92	0.0158	-7.2
273	322	-0.26	-7.7	0.8	-0.18	-7.79
274	334	-0.5	-7.18	1.08	-0.33	-7.35
274	347	-0.41	-6.84	0.97	-0.27	-6.98
274	348	-0.49	-6.85	1.06	-0.32	-7.03
274	335	-0.58	-7.19	1.18	-0.37	-7.4
275	347	-0.36	-6.82	0.52	-0.32	-6.86
275	360	-0.61	-7.82	0.2	-0.6	-7.83
275	361	-0.91	-7.9	0.18	-0.91	-7.9
275	348	-0.66	-6.9	0.5	-0.62	-6.94
276	360	0.04176	-7.66	-0.17	0.04559	-7.66
276	373	-0.55	-10.01	-0.31	-0.54	-10.02
276	374	-0.61	-10.02	-0.49	-0.58	-10.05
276	361	-0.0178	-7.67	-0.35	-0.001948	-7.69
277	322	-0.5	-8.67	0.9	-0.4	-8.77
277	335	-0.12	-7.13	0.94	0.006096	-7.26
277	336	0.13	-7.07	1.1	0.29	-7.23
277	323	-0.25	-8.61	1.06	-0.12	-8.74
278	335	-0.59	-7.25	1.2	-0.38	-7.46
278	348	-0.38	-6.4	1.13	-0.17	-6.61
278	349	-0.51	-6.44	1.26	-0.25	-6.69
278	336	-0.72	-7.28	1.33	-0.46	-7.54

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
279	348	-0.55	-6.45	0.56	-0.5	-6.5
279	361	-0.76	-7.31	0.07667	-0.76	-7.31
279	362	-0.8	-7.32	0.04594	-0.8	-7.32
279	349	-0.58	-6.45	0.53	-0.53	-6.5
280	361	0.13	-7.09	-0.45	0.16	-7.11
280	374	-0.78	-10.74	-0.59	-0.75	-10.77
280	375	-0.77	-10.73	-0.78	-0.71	-10.8
280	362	0.15	-7.08	-0.64	0.2	-7.14
281	323	-0.58	-9.93	0.85	-0.51	-10
281	336	0.18	-6.87	1.42	0.45	-7.14
281	337	0.19	-6.87	1.75	0.6	-7.28
281	324	-0.57	-9.92	1.18	-0.43	-10.07
282	336	-0.67	-7.08	1.65	-0.27	-7.48
282	349	-0.43	-6.13	1.17	-0.2	-6.36
282	350	-0.65	-6.18	0.65	-0.58	-6.26
282	337	-0.89	-7.14	1.12	-0.7	-7.33
283	349	-0.5	-6.15	0.44	-0.47	-6.18
283	362	-0.63	-6.63	0.03661	-0.63	-6.63
283	363	0.38	-6.38	0.15	0.39	-6.38
283	350	0.5	-5.89	0.56	0.55	-5.94
284	362	0.32	-6.4	-0.65	0.38	-6.46
284	375	-1.03	-11.78	-1.04	-0.93	-11.88

TABLA29: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
284	376	-0.68	-11.7	-0.95	-0.6	-11.78
284	363	0.66	-6.31	-0.56	0.71	-6.36
285	324	-1	-11.62	2	-0.63	-11.98
285	337	0.56	-5.39	1.15	0.77	-5.6
285	338	-4.31	-6.61	2.14	-3.04	-7.89
285	325	-5.87	-12.84	2.99	-4.76	-13.94
286	337	-0.52	-5.66	0.52	-0.47	-5.71
286	350	-0.85	-6.96	0.45	-0.82	-6.99
286	351	1.19	-6.45	-0.47	1.22	-6.48
286	338	1.52	-5.15	-0.4	1.54	-5.17
287	350	0.31	-6.67	0.36	0.33	-6.69
287	363	0.58	-5.57	0.3	0.6	-5.58
287	364	2.57	-5.07	0.66	2.63	-5.13
287	351	2.3	-6.17	0.72	2.36	-6.23
288	363	0.87	-5.5	-0.41	0.89	-5.52
288	376	-1.05	-13.17	-0.4	-1.04	-13.19
288	377	1.16	-12.62	-1.07	1.24	-12.7
288	364	3.08	-4.94	-1.08	3.23	-5.09

Figura 74. Pared de piso 3 con esbeltez 1.0

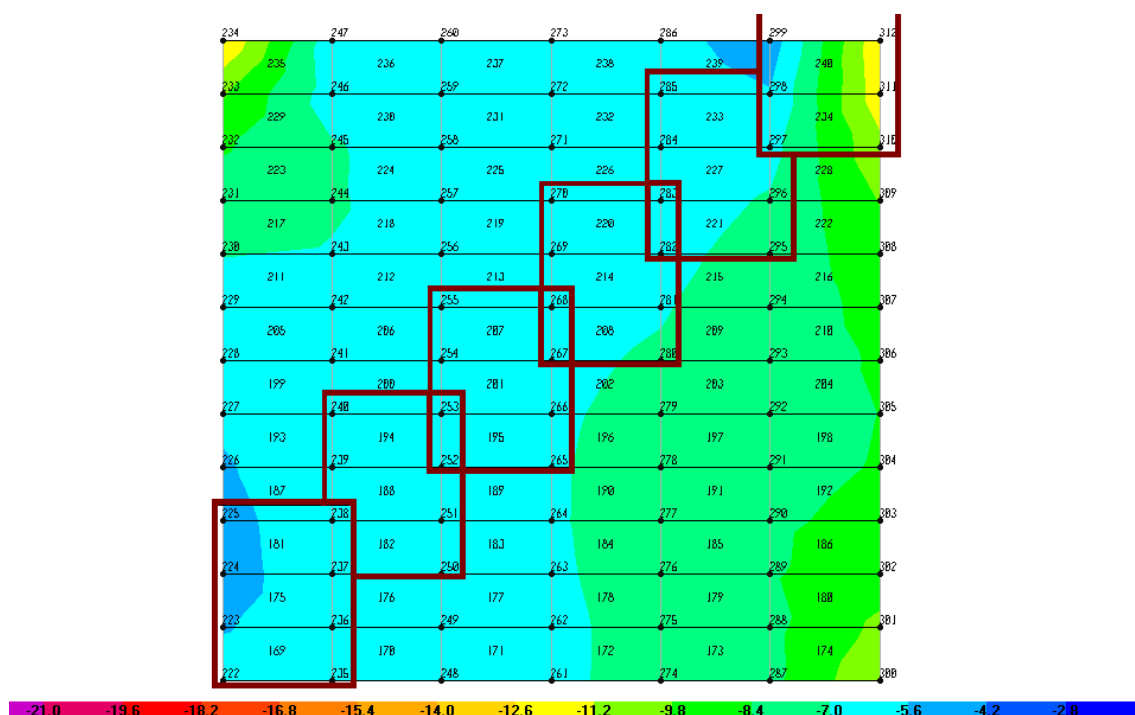


Tabla 30. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 3 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 30: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
169	222	-1.49	-5.98	-0.62	-1.41	-6.06
169	235	-1.47	-5.89	-0.16	-1.47	-5.89
169	236	-0.48	-5.64	-0.47	-0.44	-5.68
169	223	-0.5	-5.73	-0.93	-0.34	-5.89
175	223	-0.42	-5.39	-0.28	-0.4	-5.4
175	236	-0.58	-6.07	-0.35	-0.56	-6.09
175	237	-0.27	-5.99	-0.0461	-0.27	-5.99
175	224	-0.1	-5.31	0.02708	-0.1	-5.31
181	224	-0.08999	-5.25	0.03064	-0.08981	-5.25

TABLA 30: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
181	237	-0.32	-6.17	0.07513	-0.32	-6.17
181	238	-0.24	-6.15	0.17	-0.24	-6.16
181	225	-0.01229	-5.23	0.13	-0.009302	-5.24
182	237	-0.7	-6.27	0.16	-0.69	-6.27
182	250	-0.77	-6.55	0.23	-0.76	-6.56
182	251	-0.48	-6.48	0.37	-0.46	-6.5
182	238	-0.41	-6.19	0.3	-0.39	-6.21
188	238	-0.44	-6.3	0.37	-0.41	-6.33
188	251	-0.51	-6.61	0.44	-0.48	-6.64
188	252	-0.37	-6.57	0.55	-0.32	-6.62
188	239	-0.29	-6.27	0.48	-0.25	-6.31
194	239	-0.32	-6.39	0.53	-0.28	-6.44
194	252	-0.39	-6.64	0.61	-0.33	-6.7
194	253	-0.3	-6.62	0.7	-0.22	-6.69
194	240	-0.24	-6.37	0.62	-0.18	-6.43
195	252	-0.59	-6.69	0.65	-0.52	-6.76
195	265	-0.65	-6.92	0.64	-0.58	-6.99
195	266	-0.54	-6.9	0.7	-0.47	-6.98
195	253	-0.49	-6.66	0.71	-0.4	-6.75
201	253	-0.49	-6.69	0.76	-0.4	-6.78
201	266	-0.53	-6.83	0.72	-0.45	-6.91
201	267	-0.5	-6.83	0.77	-0.41	-6.92

TABLA 30: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
201	254	-0.46	-6.68	0.82	-0.36	-6.79
207	254	-0.46	-6.68	0.87	-0.34	-6.8
207	267	-0.47	-6.7	0.79	-0.37	-6.8
207	268	-0.49	-6.7	0.84	-0.38	-6.82
207	255	-0.48	-6.68	0.92	-0.35	-6.81
208	267	-0.48	-6.7	0.61	-0.42	-6.76
208	280	-0.57	-7.07	0.44	-0.54	-7.1
208	281	-0.62	-7.09	0.44	-0.59	-7.12
208	268	-0.53	-6.72	0.61	-0.47	-6.78
214	268	-0.49	-6.55	0.63	-0.42	-6.62
214	281	-0.55	-6.81	0.42	-0.53	-6.84
214	282	-0.61	-6.82	0.43	-0.58	-6.85
214	269	-0.54	-6.56	0.64	-0.48	-6.63
220	269	-0.5	-6.39	0.66	-0.43	-6.46
220	282	-0.54	-6.53	0.42	-0.51	-6.56
220	283	-0.44	-6.5	0.42	-0.41	-6.53
220	270	-0.4	-6.37	0.66	-0.33	-6.44
221	282	-0.32	-6.47	0.009392	-0.32	-6.48
221	295	-0.56	-7.44	-0.23	-0.55	-7.44
221	296	-0.62	-7.45	-0.22	-0.62	-7.46
221	283	-0.38	-6.49	0.01756	-0.38	-6.49
227	283	-0.33	-6.27	0.0431	-0.33	-6.27

TABLA 30: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
227	296	-0.51	-6.98	-0.26	-0.5	-6.99
227	297	-0.4	-6.95	-0.14	-0.39	-6.95
227	284	-0.22	-6.24	0.17	-0.21	-6.24
233	284	-0.21	-6.21	0.26	-0.2	-6.22
233	297	-0.23	-6.27	-0.13	-0.22	-6.28
233	298	0.53	-6.08	0.0427	0.53	-6.08
233	285	0.55	-6.02	0.43	0.58	-6.05
234	297	0.35	-6.13	-0.76	0.44	-6.22
234	310	-0.98	-11.46	-1.09	-0.87	-11.57
234	311	-0.56	-11.35	-0.98	-0.47	-11.44
234	298	0.78	-6.02	-0.65	0.84	-6.08
240	298	0.95	-5.34	-0.45	0.98	-5.37
240	311	-0.92	-12.8	-0.43	-0.9	-12.82
240	312	1.12	-12.29	-1.02	1.2	-12.37
240	299	2.99	-4.83	-1.04	3.13	-4.97

Figura 75. Pared de piso 4 con esbeltez 1.5

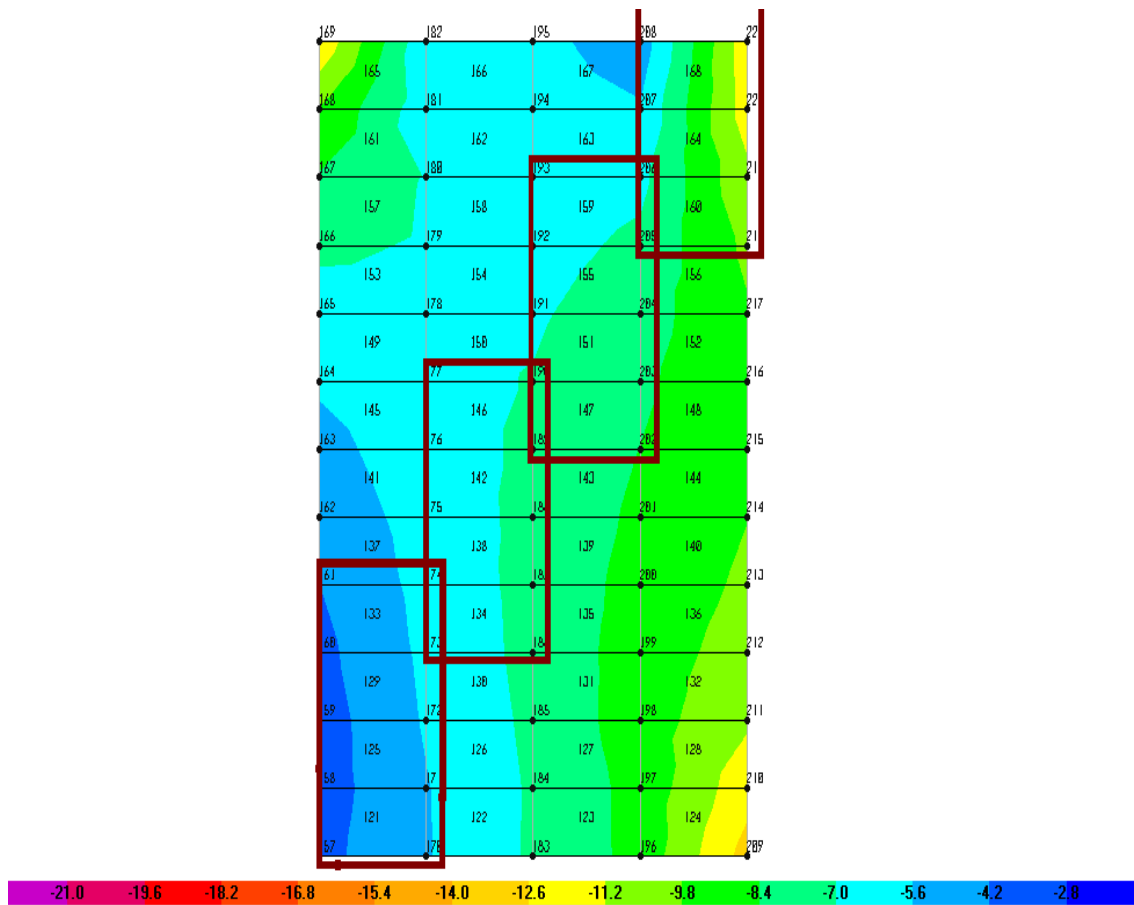


Tabla 31. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 31: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
121	157	-0.94	-3.77	-0.35	-0.9	-3.81
121	170	-1.38	-5.5	0.01031	-1.38	-5.5
121	171	-0.62	-5.31	-0.0908	-0.62	-5.31
121	158	-0.19	-3.58	-0.45	-0.13	-3.64
125	158	-0.17	-3.53	0.0007149	-0.17	-3.53
125	171	-0.72	-5.71	0.01335	-0.72	-5.71

TABLA 31: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
125	172	-0.42	-5.63	0.25	-0.4	-5.64
125	159	0.13	-3.45	0.24	0.14	-3.47
129	159	0.07618	-3.66	0.25	0.09341	-3.68
129	172	-0.47	-5.85	0.35	-0.45	-5.88
129	173	-0.35	-5.82	0.43	-0.31	-5.85
129	160	0.2	-3.63	0.33	0.23	-3.66
133	160	0.11	-4.01	0.36	0.14	-4.04
133	173	-0.39	-6	0.48	-0.35	-6.04
133	174	-0.27	-5.97	0.53	-0.22	-6.02
133	161	0.23	-3.98	0.41	0.27	-4.01
134	173	-0.14	-5.94	0.75	-0.04839	-6.04
134	186	-0.54	-7.54	0.83	-0.45	-7.63
134	187	-0.36	-7.49	0.89	-0.25	-7.6
134	174	0.0413	-5.89	0.81	0.15	-6
138	174	-0.003248	-6.07	0.83	0.11	-6.19
138	187	-0.36	-7.49	0.89	-0.25	-7.6
138	188	-0.31	-7.47	0.93	-0.19	-7.59
138	175	0.04261	-6.06	0.87	0.16	-6.18
142	175	0.0007708	-6.23	0.89	0.13	-6.35
142	188	-0.29	-7.38	0.93	-0.17	-7.5
142	189	-0.33	-7.39	0.97	-0.2	-7.52
142	176	-0.04176	-6.24	0.93	0.09612	-6.38

TABLA 31: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
146	176	-0.08275	-6.4	0.96	0.06031	-6.55
146	189	-0.28	-7.21	0.98	-0.15	-7.35
146	190	-0.39	-7.24	1.04	-0.24	-7.39
146	177	-0.19	-6.43	1.02	-0.02919	-6.59
147	189	-0.02983	-7.15	0.79	0.0579	-7.23
147	202	-0.33	-8.35	0.61	-0.28	-8.39
147	203	-0.53	-8.4	0.57	-0.49	-8.44
147	190	-0.23	-7.2	0.76	-0.15	-7.28
151	190	-0.16	-6.93	0.77	-0.07375	-7.01
151	203	-0.44	-8.06	0.53	-0.41	-8.09
151	204	-0.7	-8.12	0.5	-0.67	-8.15
151	191	-0.42	-6.99	0.74	-0.34	-7.07
155	191	-0.33	-6.63	0.76	-0.24	-6.72
155	204	-0.59	-7.65	0.44	-0.56	-7.68
155	205	-0.96	-7.74	0.42	-0.93	-7.77
155	192	-0.7	-6.72	0.75	-0.61	-6.81
159	192	-0.58	-6.25	0.84	-0.46	-6.37
159	205	-0.8	-7.1	0.31	-0.78	-7.12
159	206	-0.95	-7.14	0.24	-0.94	-7.15
159	193	-0.74	-6.29	0.76	-0.64	-6.39
160	205	0.11	-6.88	-0.3	0.12	-6.89
160	218	-0.77	-10.4	-0.47	-0.75	-10.42

TABLA 31: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
160	219	-0.79	-10.4	-0.67	-0.74	-10.45
160	206	0.09374	-6.88	-0.5	0.13	-6.92
164	206	0.27	-6.18	-0.53	0.31	-6.22
164	219	-1.02	-11.33	-0.93	-0.93	-11.41
164	220	-0.72	-11.25	-0.87	-0.65	-11.33
164	207	0.57	-6.1	-0.47	0.6	-6.13
168	207	0.77	-5.28	-0.36	0.79	-5.3
168	220	-1.07	-12.64	-0.35	-1.06	-12.65
168	221	1.09	-12.1	-1.02	1.16	-12.18
168	208	2.93	-4.74	-1.03	3.06	-4.88

Figura 76. Pared de piso 4 con esbeltez 1.0

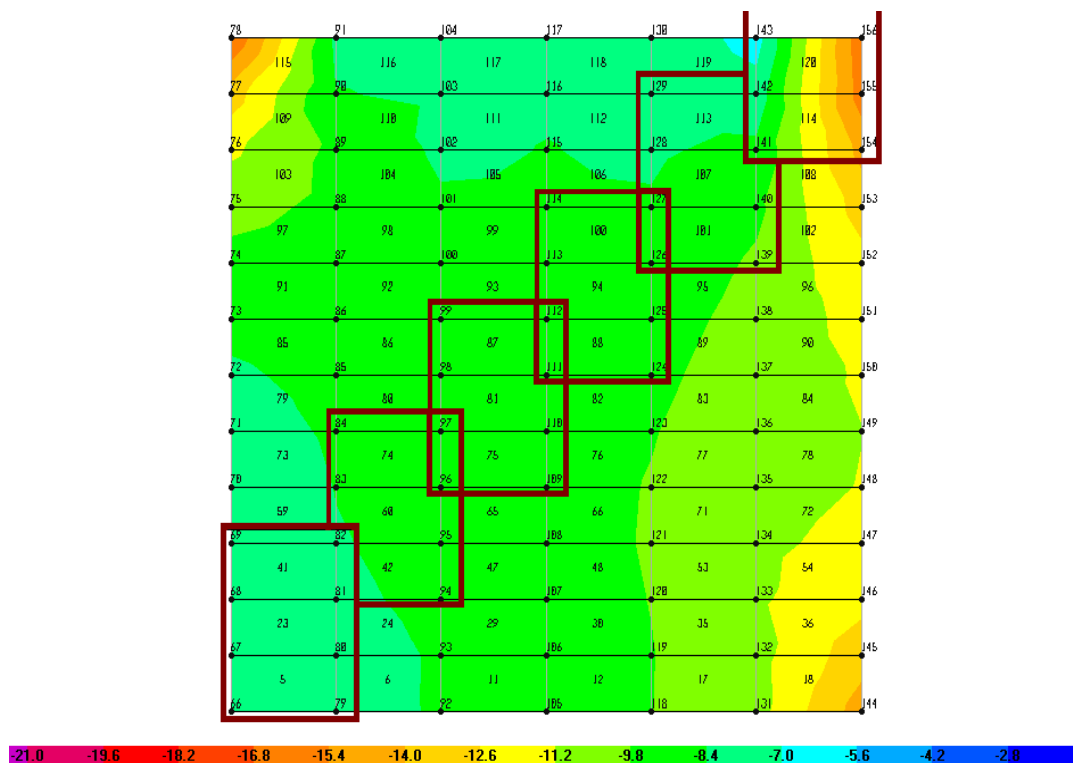


Tabla 32. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 4 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 32: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
5	66	-2.01	-8.03	-0.83	-1.89	-8.14
5	79	-1.97	-7.87	-0.22	-1.96	-7.88
5	80	-0.64	-7.54	-0.64	-0.58	-7.6
5	67	-0.68	-7.69	-1.25	-0.46	-7.91
23	67	-0.56	-7.23	-0.38	-0.54	-7.25
23	80	-0.78	-8.11	-0.48	-0.75	-8.14
23	81	-0.36	-8.01	-0.0678	-0.36	-8.01
23	68	-0.14	-7.13	0.03176	-0.14	-7.13
41	68	-0.12	-7.05	0.03635	-0.12	-7.05
41	81	-0.42	-8.25	0.09432	-0.42	-8.25
41	82	-0.32	-8.23	0.22	-0.32	-8.23
41	69	-0.0204	-7.02	0.16	-0.01662	-7.02
42	81	-0.94	-8.38	0.2	-0.93	-8.39
42	94	-1.03	-8.74	0.3	-1.02	-8.75
42	95	-0.64	-8.65	0.48	-0.61	-8.67
42	82	-0.55	-8.28	0.39	-0.53	-8.3
60	82	-0.59	-8.43	0.48	-0.56	-8.45
60	95	-0.68	-8.82	0.57	-0.64	-8.86
60	96	-0.49	-8.77	0.72	-0.43	-8.83
60	83	-0.39	-8.38	0.63	-0.35	-8.43

TABLA 32: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
74	83	-0.43	-8.54	0.7	-0.37	-8.6
74	96	-0.51	-8.85	0.8	-0.44	-8.93
74	97	-0.4	-8.83	0.92	-0.3	-8.93
74	84	-0.32	-8.51	0.82	-0.24	-8.59
75	96	-0.79	-8.92	0.86	-0.7	-9.01
75	109	-0.86	-9.22	0.84	-0.78	-9.31
75	110	-0.73	-9.19	0.92	-0.63	-9.29
75	97	-0.65	-8.89	0.94	-0.54	-8.99
81	97	-0.66	-8.92	1.01	-0.54	-9.04
81	110	-0.7	-9.1	0.94	-0.6	-9.21
81	111	-0.67	-9.1	1.02	-0.55	-9.22
81	98	-0.62	-8.91	1.08	-0.48	-9.05
87	98	-0.62	-8.9	1.14	-0.46	-9.05
87	111	-0.63	-8.93	1.03	-0.5	-9.05
87	112	-0.65	-8.93	1.1	-0.51	-9.07
87	99	-0.64	-8.91	1.21	-0.47	-9.08
88	111	-0.64	-8.93	0.8	-0.56	-9.01
88	124	-0.76	-9.42	0.57	-0.72	-9.46
88	125	-0.83	-9.44	0.57	-0.79	-9.47
88	112	-0.71	-8.95	0.8	-0.63	-9.02
94	112	-0.65	-8.73	0.83	-0.57	-8.81
94	125	-0.74	-9.07	0.54	-0.7	-9.11

TABLA 32: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
94	126	-0.81	-9.09	0.56	-0.77	-9.13
94	113	-0.72	-8.74	0.84	-0.63	-8.83
100	113	-0.66	-8.52	0.86	-0.57	-8.61
100	126	-0.71	-8.7	0.54	-0.67	-8.73
100	127	-0.57	-8.66	0.54	-0.54	-8.7
100	114	-0.53	-8.48	0.86	-0.44	-8.57
101	126	-0.42	-8.63	0.0001232	-0.42	-8.63
101	139	-0.74	-9.9	-0.31	-0.73	-9.91
101	140	-0.83	-9.92	-0.3	-0.82	-9.93
101	127	-0.51	-8.65	0.01203	-0.51	-8.65
107	127	-0.43	-8.35	0.04696	-0.43	-8.35
107	140	-0.67	-9.3	-0.36	-0.65	-9.31
107	141	-0.52	-9.26	-0.19	-0.52	-9.26
107	128	-0.28	-8.31	0.22	-0.28	-8.32
113	128	-0.27	-8.28	0.34	-0.26	-8.29
113	141	-0.29	-8.36	-0.18	-0.29	-8.36
113	142	0.72	-8.11	0.05328	0.72	-8.11
113	129	0.74	-8.02	0.57	0.78	-8.06
114	141	0.47	-8.17	-1.02	0.59	-8.29
114	154	-1.31	-15.27	-1.46	-1.15	-15.42
114	155	-0.74	-15.13	-1.31	-0.62	-15.25
114	142	1.04	-8.03	-0.87	1.12	-8.11

TABLA 32: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
120	142	1.26	-7.12	-0.6	1.31	-7.16
120	155	-1.22	-17.07	-0.57	-1.2	-17.09
120	156	1.5	-16.38	-1.36	1.6	-16.49
120	143	3.99	-6.44	-1.39	4.17	-6.62

Figura 77. Pared de piso 5 con esbeltez 1.5

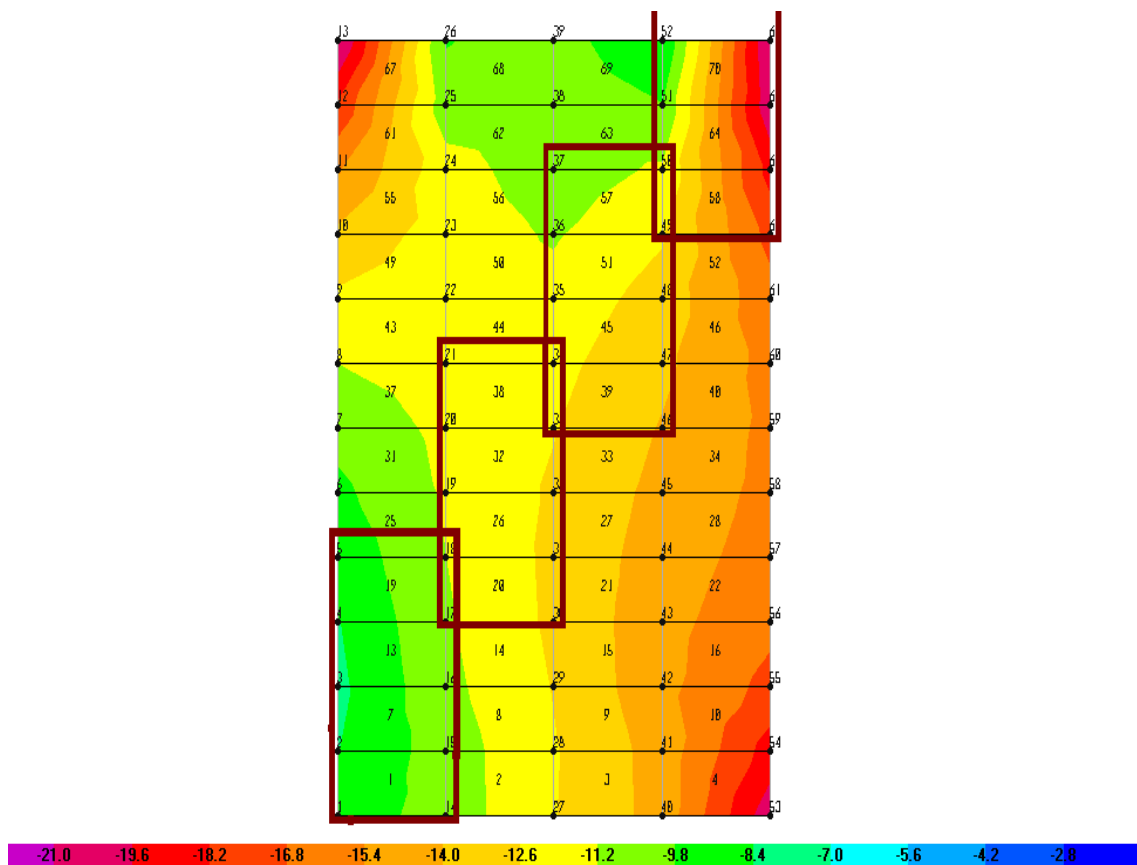


Tabla 33. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.5

TABLA 33: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
1	1	-2.24	-8.94	-0.89	-2.12	-9.06
1	14	-2.61	-10.42	-0.14	-2.6	-10.42
1	15	-1	-10.02	-0.52	-0.97	-10.05
1	2	-0.63	-8.54	-1.27	-0.43	-8.74
7	2	-0.54	-8.17	-0.26	-0.53	-8.18
7	15	-1.19	-10.78	-0.32	-1.18	-10.79
7	16	-0.61	-10.64	0.17	-0.61	-10.64
7	3	0.0393	-8.03	0.23	0.04593	-8.04
13	3	0.006274	-8.16	0.25	0.01371	-8.17
13	16	-0.7	-10.99	0.36	-0.69	-11
13	17	-0.52	-10.94	0.51	-0.49	-10.97
13	4	0.19	-8.12	0.39	0.21	-8.13
19	4	0.07592	-8.57	0.46	0.1	-8.6
19	17	-0.57	-11.17	0.6	-0.54	-11.21
19	18	-0.39	-11.13	0.69	-0.35	-11.17
19	5	0.26	-8.53	0.55	0.29	-8.56
20	17	-0.37	-11.12	0.93	-0.29	-11.2
20	30	-0.86	-13.05	1.01	-0.77	-13.14
20	31	-0.56	-12.98	1.12	-0.46	-13.08
20	18	-0.07743	-11.05	1.03	0.01835	-11.15

TABLA 33: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
26	18	-0.13	-11.26	1.08	-0.02577	-11.36
26	31	-0.55	-12.95	1.12	-0.45	-13.05
26	32	-0.5	-12.93	1.19	-0.39	-13.05
26	19	-0.07884	-11.25	1.15	0.03797	-11.36
32	19	-0.12	-11.42	1.19	0.00115	-11.55
32	32	-0.45	-12.73	1.19	-0.34	-12.85
32	33	-0.56	-12.76	1.27	-0.43	-12.89
32	20	-0.23	-11.45	1.27	-0.08999	-11.59
38	20	-0.27	-11.61	1.32	-0.12	-11.76
38	33	-0.47	-12.41	1.28	-0.34	-12.54
38	34	-0.69	-12.46	1.38	-0.53	-12.62
38	21	-0.49	-11.66	1.43	-0.31	-11.84
39	33	-0.16	-12.33	0.9	-0.0912	-12.4
39	46	-0.57	-13.99	0.6	-0.55	-14.02
39	47	-0.9	-14.08	0.53	-0.88	-14.1
39	34	-0.49	-12.41	0.83	-0.43	-12.47
45	34	-0.36	-11.9	0.85	-0.3	-11.96
45	47	-0.78	-13.59	0.45	-0.77	-13.6
45	48	-1.19	-13.69	0.38	-1.18	-13.7
45	35	-0.77	-12	0.77	-0.71	-12.06
51	35	-0.6	-11.35	0.8	-0.54	-11.41
51	48	-1.02	-13	0.27	-1.01	-13.01

TABLA 33: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
51	49	-1.5	-13.12	0.24	-1.5	-13.13
51	36	-1.09	-11.47	0.77	-1.03	-11.53
57	36	-0.9	-10.73	0.88	-0.82	-10.81
57	49	-1.26	-12.16	0.07597	-1.26	-12.16
57	50	-1.29	-12.17	0.03425	-1.29	-12.17
57	37	-0.93	-10.74	0.84	-0.86	-10.81
58	49	0.22	-11.79	-0.78	0.27	-11.84
58	62	-1.3	-17.87	-1.01	-1.24	-17.94
58	63	-1.27	-17.87	-1.32	-1.16	-17.97
58	50	0.25	-11.78	-1.09	0.35	-11.88
64	50	0.54	-10.65	-1.1	0.64	-10.76
64	63	-1.71	-19.63	-1.74	-1.54	-19.8
64	64	-1.13	-19.48	-1.6	-0.99	-19.62
64	51	1.12	-10.5	-0.95	1.2	-10.58
70	51	1.45	-9.16	-0.7	1.5	-9.21
70	64	-1.75	-21.96	-0.67	-1.72	-21.98
70	65	1.94	-21.03 ⁶⁵	-1.78	2.08	-21.17
70	52	5.14	-8.24	-1.81	5.38	-8.48

⁶⁵ Mayor valor de esfuerzo en paredes con esbeltez de 1.5, posteriormente utilizado para la evaluación de FEMA de resistencia por compresión en la diagonal principal.

Figura 78. Pared de piso 5 con esbeltez 1.0

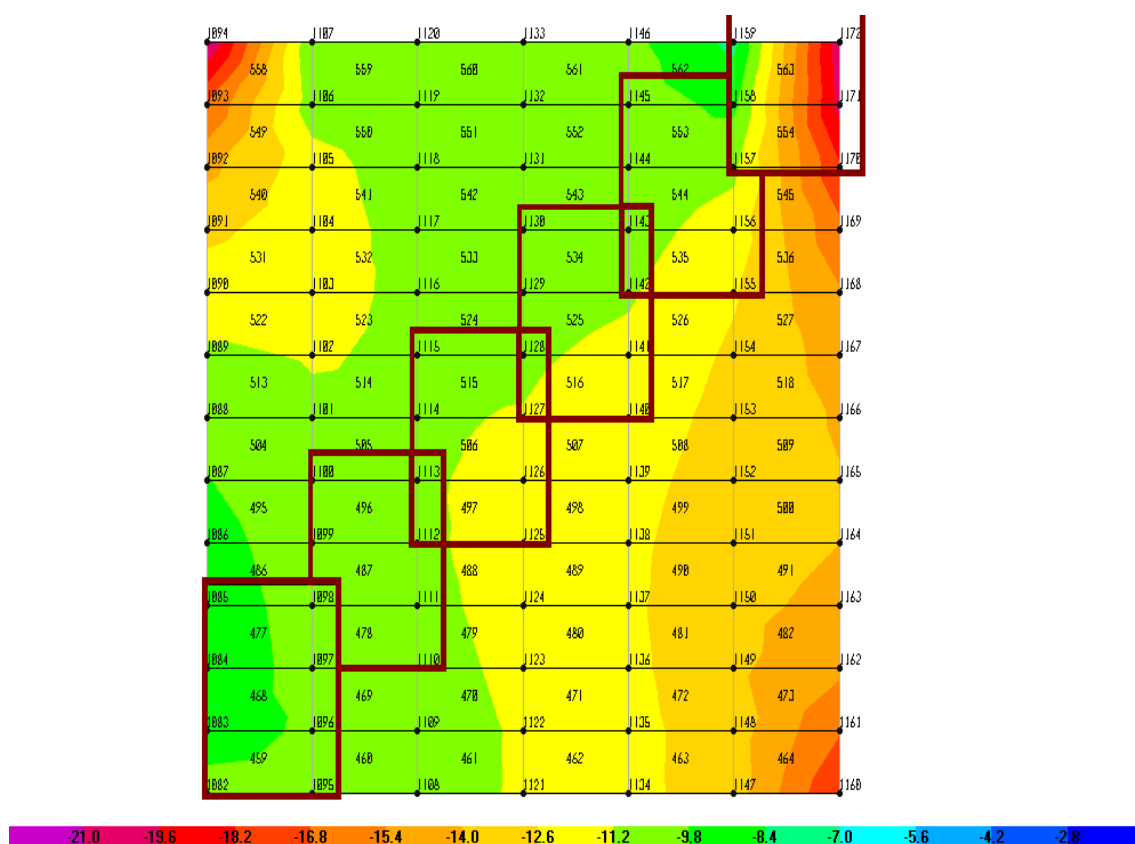


Tabla 34. Esfuerzos sobre bloque (Shell) de pared de 5 pisos, con esbeltez 1.0

TABLA 44: Esfuerzos sobre bloques (Element Stresses - Area Shells)						
Area	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
459	1082	-2.54	-10.14	-1.05	-2.39	-10.28
459	1095	-2.47	-9.88	-0.28	-2.46	-9.9
459	1096	-0.79	-9.47	-0.81	-0.72	-9.54
459	1083	-0.86	-9.72	-1.58	-0.58	-10

TABLA 34: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
468	1083	-0.71	-9.13	-0.49	-0.68	-9.16
468	1096	-0.97	-10.18	-0.61	-0.93	-10.22
468	1097	-0.45	-10.05	-0.09613	-0.45	-10.05
468	1084	-0.19	-9	0.03192	-0.19	-9
477	1084	-0.16	-8.89	0.03739	-0.16	-8.89
477	1097	-0.53	-10.36	0.11	-0.53	-10.36
477	1098	-0.4	-10.33	0.27	-0.39	-10.33
477	1085	-0.03271	-8.86	0.2	-0.02832	-8.86
478	1097	-1.18	-10.52	0.24	-1.17	-10.53
478	1110	-1.29	-10.94	0.35	-1.27	-10.96
478	1111	-0.8	-10.82	0.59	-0.77	-10.86
478	1098	-0.7	-10.4	0.47	-0.67	-10.42
487	1098	-0.74	-10.58	0.59	-0.7	-10.61
487	1111	-0.85	-11.03	0.7	-0.81	-11.08
487	1112	-0.62	-10.97	0.88	-0.54	-11.05
487	1099	-0.5	-10.52	0.78	-0.44	-10.58
496	1099	-0.55	-10.71	0.86	-0.48	-10.78
496	1112	-0.64	-11.08	0.98	-0.55	-11.17
496	1113	-0.5	-11.04	1.14	-0.38	-11.17
496	1100	-0.41	-10.68	1.02	-0.31	-10.78
497	1112	-0.99	-11.17	1.05	-0.88	-11.27
497	1125	-1.08	-11.53	1.03	-0.98	-11.63

TABLA 34: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
497	1126	-0.91	-11.48	1.13	-0.79	-11.6
497	1113	-0.82	-11.12	1.15	-0.69	-11.25
506	1113	-0.83	-11.16	1.23	-0.68	-11.3
506	1126	-0.88	-11.37	1.15	-0.76	-11.5
506	1127	-0.84	-11.36	1.24	-0.69	-11.51
506	1114	-0.78	-11.15	1.32	-0.62	-11.31
515	1114	-0.78	-11.13	1.4	-0.59	-11.31
515	1127	-0.78	-11.15	1.27	-0.63	-11.3
515	1128	-0.81	-11.16	1.34	-0.64	-11.33
515	1115	-0.8	-11.13	1.48	-0.6	-11.34
516	1127	-0.8	-11.15	0.97	-0.71	-11.24
516	1140	-0.95	-11.76	0.69	-0.91	-11.8
516	1141	-1.03	-11.78	0.69	-0.99	-11.82
516	1128	-0.88	-11.17	0.97	-0.79	-11.26
525	1128	-0.81	-10.9	1	-0.71	-11
525	1141	-0.92	-11.33	0.65	-0.88	-11.37
525	1142	-1	-11.35	0.67	-0.95	-11.39
525	1129	-0.89	-10.92	1.02	-0.79	-11.02
534	1129	-0.82	-10.64	1.04	-0.71	-10.75
534	1142	-0.88	-10.86	0.65	-0.83	-10.91
534	1143	-0.7	-10.82	0.66	-0.66	-10.86
534	1130	-0.64	-10.6	1.05	-0.54	-10.7

TABLA 34: Esfuerzos sobre bloques (Continuación)						
Área	Joint	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Nº BLOQUE	JUNTA	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
535	1142	-0.52	-10.78	-0.02206	-0.52	-10.78
535	1155	-0.92	-12.37	-0.41	-0.91	-12.38
535	1156	-1.02	-12.39	-0.39	-1.01	-12.41
535	1143	-0.62	-10.8	-0.005344	-0.62	-10.8
544	1143	-0.53	-10.44	0.03991	-0.53	-10.44
544	1156	-0.83	-11.62	-0.46	-0.81	-11.63
544	1157	-0.64	-11.57	-0.25	-0.63	-11.57
544	1144	-0.34	-10.39	0.25	-0.33	-10.39
553	1144	-0.33	-10.35	0.41	-0.31	-10.36
553	1157	-0.36	-10.44	-0.24	-0.35	-10.45
553	1158	0.91	-10.13	0.06008	0.91	-10.13
553	1145	0.94	-10.03	0.71	0.98	-10.07
554	1157	0.59	-10.21	-1.28	0.74	-10.36
554	1170	-1.63	-19.09	-1.83	-1.44	-19.28
554	1171	-0.92	-18.91	-1.64	-0.77	-19.06
554	1158	1.3	-10.03	-1.09	1.4	-10.14
563	1158	1.58	-8.9	-0.76	1.64	-8.95
563	1171	-1.53	-21.33 ⁶⁶	-0.71	-1.5	-21.36
563	1172	1.87	-20.48	-1.7	2	-20.61
563	1159	4.98	-8.05	-1.74	5.21	-8.27

⁶⁶ Mayor valor de esfuerzo en paredes con esbeltez de 1.5, posteriormente utilizado para la evaluación de FEMA de resistencia por compresión en la diagonal principal.

CAPITULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos luego de haber desarrollado los objetivos planteados en el capítulo I, presentándolos a continuación en dos bloques principales:

El primero concerniente al análisis del comportamiento estructural de paredes de mampostería de bloques de concreto con perforación vertical reforzada con trabas verticales con concreto simple, a través del uso de los modelos SIMPLE y DISCRETO. Y el segundo con respecto a los análisis dados al comportamiento estructural de la mampostería confinada, ensayados en estudios anteriores realizados en Venezuela en el IMME.

V.1 Comportamiento estructural de los modelos simple y discreto:

V.1.1.- Sección Plana

En el Modelo 1 – SIMPLE-, se consideró como hipótesis que la sección era plana y los esfuerzos eran proporcionales a la deformación, haciendo cumplir la hipótesis de Navier, mientras que en el Modelo 2- DISCRETO-, al graficar los desplazamientos en la sección transversal, los mismos no responden al de una sección plana. (Tabla 39), lo cual justifica la discrepancia de los valores de flexo-compresión arrojados en la tabla 5 notándose una diferencia de 36.09 % para esbeltez de 1.0 y 52.09 % para esbeltez de 1.5, referidos al modelo 1 –SIMPLE- en incrementándose esta diferencia cuando la diagonal es más inclinada, tal como se indica la Tabla 6.

Tabla 35. Esfuerzos de Flexión por lado de Pared (A y B)					
Esfuerzo en pared según modelo 1 y 2					
Modelos/ Piso	Esbeltez	Modelo 1		Modelo 2	
		Simple		Elemento Finito	
		fa1Kg/cm ²	fb1 Kg/cm ²	fa2 Kg/cm ²	fb2 Kg/cm ²
1	1	1,42	2,40	1,94	3,74
	1,5	0,85	3,36	2,03	4,24
2	1	2,88	4,76	3,93	7,43
	1,5	1,79	6,62	4,1	8,37
3	1	4,37	7,10	5,89	11,06
	1,5	2,80	9,82	6,2	12,44
4	1	5,87	9,42	7,87	14,68
	1,5	3,85	12,98	5,5	13,15
5	1	7,38	11,73	10,14	18,36
	1,5	4,93	16,10	10,42	20,47

TABLA 36 Comparación de esfuerzo de Tabla 35

Pisos	% PARED Esbeltez 1.0		% PARED Esbeltez 1.5	
	fa1/fa2	fb1/fb2	fa1/fa2	fb1/fb2
1	73,33	64,18	41,83	79,19
2	73,33	64,12	43,72	79,10
3	74,12	64,22	45,14	78,95
4	74,54	64,20	69,97	98,70
5	72,78	63,91	47,31	78,67

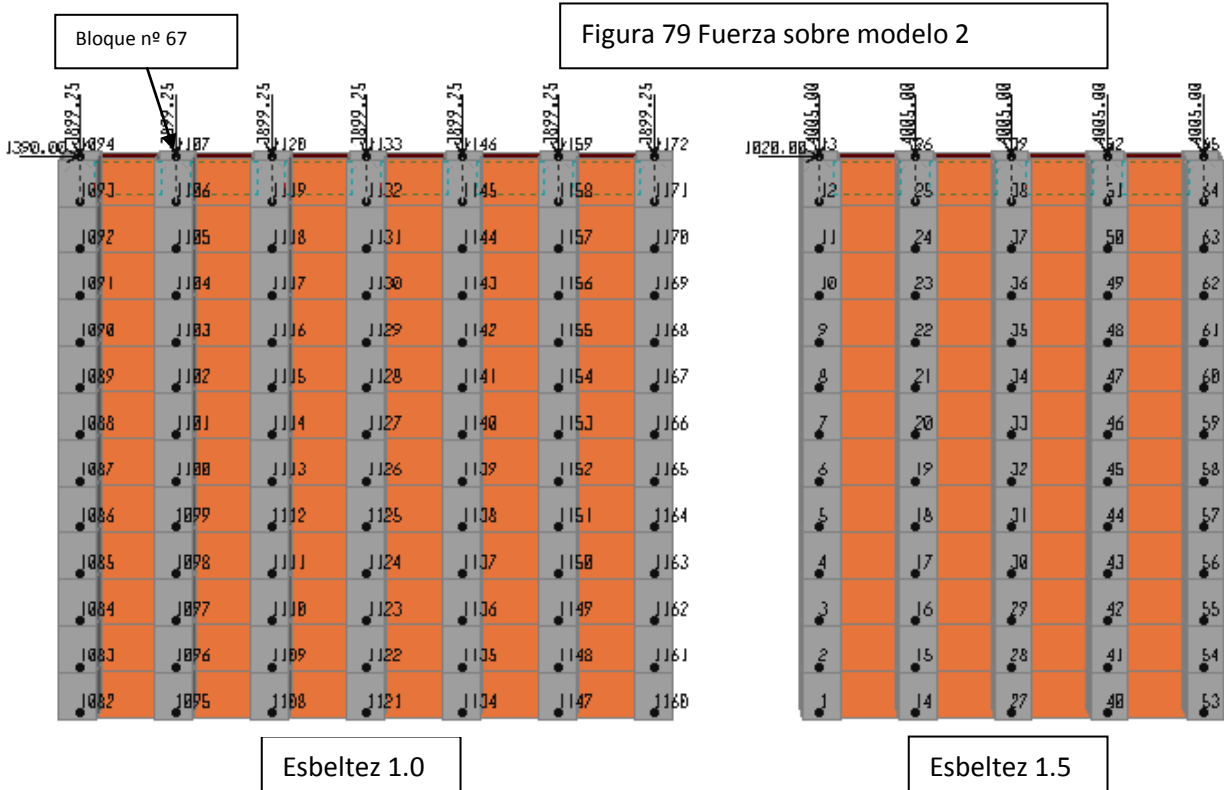
V.1.2.- Modulo de corte

En cuanto a este punto, si es bien cierto que el modulo de corte se define en función del modulo de elasticidad del murete en el rango elástico, como lo indica FEMA 273 con $E_m = 550 \cdot f'_m$; se puede determinar el modulo de resistencia al corte de la pared la deformabilidad ($\tau = G\gamma$) que presentó la mampostería tanto para el modelo 1 y 2, en función de los esfuerzos cortantes (τ) inducidos en ella por las cargas que soporta.

Al determinar este modulo para las paredes de esbeltez 1.5 y 1.0 con el nivel de carga de 5 pisos encontramos que para el modelo 2 – ELEMENTO DISCRETO - se obtuvo un esfuerzo cortante S12 de 4.84 kg/cm² y una deformación angular de

0.018748 cm/cm para un modulo de elasticidad **G= 61.971 Kg/cm²** y para paredes de esbeltez de 1.0 se obtuvo valores de 5.82 Kg/cm² y una deformación de 0.01166 arrojando un valor de **G = 11.930 Kg/cm²**, valores que se acotan a los indicado por FEMA $G = (0.4 \cdot E_m)$ **21.560Kg/cm²** para una mampostería reforzada (RM) con acero de refuerzo o no reforzada (URM) no fisurada, variación por la presencia del refuerzo de la traba de concreto de f'_c de 140 Kg/cm², que aporta rigidez

Modelos Analizados:



Nº	Nº	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Bloque	Junta	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
67	12	-1.66	-19.47	3.22	-1.09	-20.04 ⁶⁷
67	25	0.97	-8.99	1.86	1.3	-9.33
67	26	-6.64	-10.89	3.49	-4.69	-12.85
67	13	-9.26	-21.37	4.84	-7.57	-23.07
68	25	-0.75	-9.42	0.82	-0.67	-9.49
68	38	-1.29	-11.59	0.71	-1.24	-11.64
68	39	2.12	-10.74	-0.78	2.17	-10.78
68	26	2.66	-8.57	-0.67	2.7	-8.6

⁶⁷ El signo negativo indica Compresión y positivo Tracción.

Tabla 37. Esfuerzos sobre bloques superiores (Continuación)						
Nº	Nº	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Bloque	Junta	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
69	38	0.56	-11.13	0.58	0.58	-11.16
69	51	1.02	-9.27	0.49	1.04	-9.29
69	52	4.34	-8.44	1.09	4.43	-8.53
69	39	3.88	-10.3	1.19	3.98	-10.4
70	51	1.45	-9.16	-0.7	1.5	-9.21
70	64	-1.75	-21.96	-0.67	-1.72	-21.98
70	65	1.94	-21.03	-1.78	2.08	-21.17
70	52	5.14	-8.24	-1.81	5.38	-8.48

Tabla 38. Esfuerzos sobre bloques superiores

Tabla de Esfuerzos sobre bloques superiores (Shell)-Pared e=1.0						
Nº	Nº	S11Top	S22Top	S12Top	SMaxTop	SMinTop
Bloque	Junta	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2	Kgf/cm2
558	1093	-1.8	-18.06	3.99	-0.87	-18.99
558	1106	0.54	-8.71	2.08	0.98	-9.16
558	1107	-11.35	-11.68	3.91	-7.6	-15.43
558	1094	-13.68	-21.03	5.82	-10.48	-24.24
559	1106	-2.56	-9.49	0.88	-2.45	-9.6
559	1119	-2.95	-11.03	0.7	-2.89	-11.09
559	1120	0.24	-10.23	-0.78	0.3	-10.29
559	1107	0.62	-8.69	-0.6	0.66	-8.73
560	1119	0.2	-10.24	0.33	0.21	-10.25
560	1132	0.14	-10.44	0.32	0.15	-10.45
560	1133	0.3	-10.41	0.5	0.33	-10.43
560	1120	0.35	-10.2	0.52	0.38	-10.23
561	1132	1.1	-10.2	0.45	1.12	-10.22
561	1145	0.97	-10.73	0.46	0.99	-10.75
561	1146	1.8	-10.52	0.002194	1.8	-10.52
561	1133	1.93	-10	-0.007594	1.93	-10
562	1145	0.75	-10.78	0.48	0.77	-10.8
562	1158	1.2	-8.99	0.4	1.21	-9.01
562	1159	4.81	-8.09	0.79	4.85	-8.14
562	1146	4.36	-9.88	0.88	4.41	-9.94
563	1158	1.58	-8.9	-0.76	1.64	-8.95
563	1171	-1.53	-21.33	-0.71	-1.5	-21.36
563	1172	1.87	-20.48	-1.7	2	-20.61
563	1159	4.98	-8.05	-1.74	5.21	-8.27

Tabla 39 Desplazamiento de Junta			
Pared e= 1.5 y e=1.0			
Junta	U1	U2	U3
Nº	cm	cm	cm
13	0	0.018748	-0.031759
26	0	0.016888	-0.030593
39	0	0.019166	-0.032834
52	0	0.022226	-0.036735
65	0	0.025642	-0.047884
1094	0	0.01166	-0.031523
1107	0	0.007664	-0.029479
1120	0	0.00899	-0.029276
1133	0	0.010367	-0.030016
1146	0	0.012468	-0.031465
1159	0	0.015708	-0.034202
1172	0	0.019025	-0.043888

V.1.3.-Rigidez Lateral.

Para la determinación de la rigidez lateral de la pared de mampostería estructural en estudio, podemos acotarla entre tres situaciones posibles: a) que la mampostería se comporte como una mampostería no reforzada, libre en su extremo superior; b) que responda como un pórtico relleno, donde la resistencia lateral esta sustentada fundamentalmente en las trabas verticales de concreto o c) que la mampostería se comporte como un material compuesto que cumple funciones de material de relleno, cuyo aporte de rigidez se pueda sustituir por una diagonal principal, similar a lo planteado por similar a un “Infill Frame”

a) Mampostería no reforzada URM libre en el extremo superior.

$$k = \frac{1}{\frac{h_{eff}^3}{3E_m I_g} + \frac{h_{eff}}{A_v G_m}}$$

h_{eff} = altura de la pared
 A_v = Area de corte
 I_g = Momento de la Inercia de la sección gruesa (sin agrietamiento)
 E_m = Modulo elástico de la mampostería.
 G_m = Modulo de corte de la mampostería.

En cuanto a este punto, al tratar de calcular la rigidez lateral por el modelo 2

- ELEMENTO DISCRETO- encontramos una rigidez lateral $K = 351,71273 \text{ Ton/cm}$ y $K = 100,57033 \text{ Ton/cm}$ para las esbelteces 1.0 y 1.5 respectivamente, notándose que la pared al ser mas alta que larga se obtiene una rigidez lateral K menor propio de una viga alta en Cantiléver en donde la rigidez esta controlada por la inercia de la viga. Al ser esta más pequeña por presentar una relación de esbeltez de 1.5, se obtiene una menor rigidez lateral, se obtiene un menor momento de inercia de la sección y por consiguiente una rigidez lateral menor. Y el modulo de elasticidad transversal por la deformación angular o deriva de la pared.

TABLA 40 TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES				
	(Mks)		(Unidades Inglesas)	
	1	1,5	1	1,5
H_{eff} (cm)/(in)	240,00	240,00	94,49	94,49
E_m (Kg/cm ²)/(lb/in ²)	88175,206	88175,206	1254270	1254270
A_v (Kg/cm ²)/(lb/in ²)	5091	3394	789,11	526,07
G_m (Kg/cm ²)/(lb/in ²)	35270,0824	35270,0824	501708	501708
I_g (cm ⁴)/(in ⁴)	18378221	5255155,55	441538,5	126255,6

Tabla 41. Rigidez de la Pared				
ESBELTEZ	k (lb/in)	k (kips/in)	k (Kg/cm)	k (ton/cm)
1	1969466	1969,46579	351712,473	351,712473
1,5	563158	563,158374	100570,33	100,57033

Valor este que podemos acotar con las recomendaciones de FEMA en cuanto a la rigidez lateral.

b) Pórtico Relleno según FEMA (“Infill Frame”).

De igual forma podemos acotar su valor mínimo al dado a una mampostería confinada definida en FEMA como “Infill Frame” en donde el aporte de la rigidez lateral de la pared es sustituida por una diagonal y en donde el ancho de esta diagonal (a) depende de la inercia de las columnas, tal como se indica:

h_{col} =Altura de la columna entre líneas de viga.

h_{inf} = Altura de panel de relleno

E_{me} = modulo esperado de elasticidad del material del pórtico, psi.

E_{fe} = modulo esperado de elasticidad del material de relleno, psi.

I_{col} = Momento de inercia de la columna.

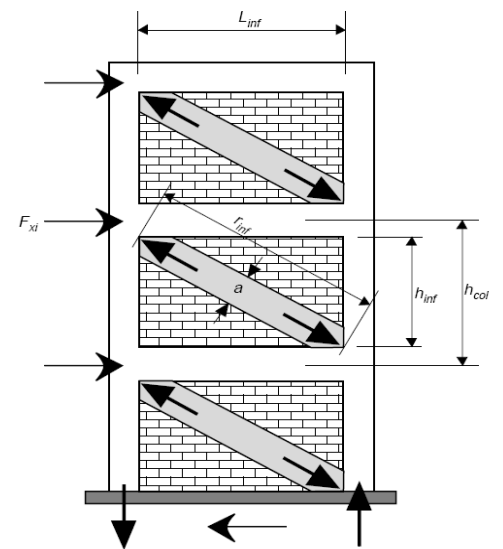
ε_{me} = Longitud del panel de relleno

L_{inf} = Longitud Diagonal de panel de relleno

r_{inf} = Grosor de panel de relleno y puntual equivalente.

t_{inf} = angulo cuya tangente es la proporción de aspecto

λ_1 = coeficiente usado para determinar el espesor equivalente del relleno.



$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$a = 0.175 (\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf}$$

TABLA 42 TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES

	(Mks)		(Unidades Inglesas)	
	1	1.5	1	1.5
h_{col} cm/in	240.00	240.00	94.49	94.49
E_m Kg/cm2//lb/in2	88175.206	88175.206	1254270	1254270
E_{fe} Kg/cm2//lb/in2	178666	178666	2541479	2541479
I_{col} cm4//in4	10339566	2452388	248409.1	58918.9
t_{inf} cm/in	20	20.00	7.87	7.87

TABLA 43. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES				
	(Mks)		(Unidades Inglesas)	
	1	1.5	1	1.5
hinf cm/in	240	240.00	94.49	94.49
Φ	45.00	63.47	45.00	63.47
L cm/in	240	120	94.49	47.24

Tabla 44. Valores de a			
ESBELTEZ	λ_1	a (in)	a (cm)
1	0.01387	20.9872909	53.3077188
1.5	0.02021	14.2733677	36.2543539

c) Simplificando esta situación como lo indicado en Presly donde la biela esta constituida por un ancho en el plano de la pared igual al 25% de la diagonal, resultando que la rigidez de esta diagonal $K = Ab \cdot Em / Lb$, para el caso de las paredes de:

TABLA 45. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES				
	(Mks)		(Unidades Inglesas)	
	1	1,5	1	1,5
Em	88175,206	88175,206	1254270	1254270
dm	339,41	268,33	133,63	105,64
hm	240,00	240,00	94,49	94,49
L	240,00	120,00	94,49	47,24
e	20,00	20,00	7,87	7,87

Tabla 46. Rigidez de pared						
Esbeltez	W (in)	Ab (in ²)	K			
			(lb/in)	(KIPS)	(Kg/cm)	(ton/cm)
1	33,40661958	263,044249	3491744,385	3491,74439	623565,06	623,56506
1,5	26,4102517	207,954738	5520932,633	5520,93263	985942,93	985,94293

V.1.4.- Esfuerzos de Flexo-compresión en la sección.

En cuanto a este punto según en lo indicado en la respuesta V.1.1, asumiendo que: a) el sistema de cargas que soporta la pared genera flexo-compresión, debido a que la excentricidad se mantiene dentro del núcleo central (el tercio medio de la pared); b) se manteniendo la hipótesis de la sección plana, particularmente del posible alabeo de la pared y c) que no exista flexión en el plano normal a esta; entonces, se puede verificar que el esfuerzo a compresión debe estar controlado, por estas ecuaciones:

$$F_a = 0.25f'_m \left[1 - \left(\frac{h'}{140r} \right)^2 \right] \text{ for } h'/r \leq 99$$
$$F_a = 0.25f'_m \left(\frac{70r}{h'} \right)^2 \text{ for } h'/r > 99$$

Esto, para garantizar la no posibilidad de pandeo euleriano, flexionante alrededor del eje menor de la pared. Los valores por el método 1 –SIMPLE- responde a esfuerzos mayores y por consiguiente mas conservadores que estas mamposterías reforzada con trabas de concreto, tal como lo señala los código UBC para mampostería no reforzada URM

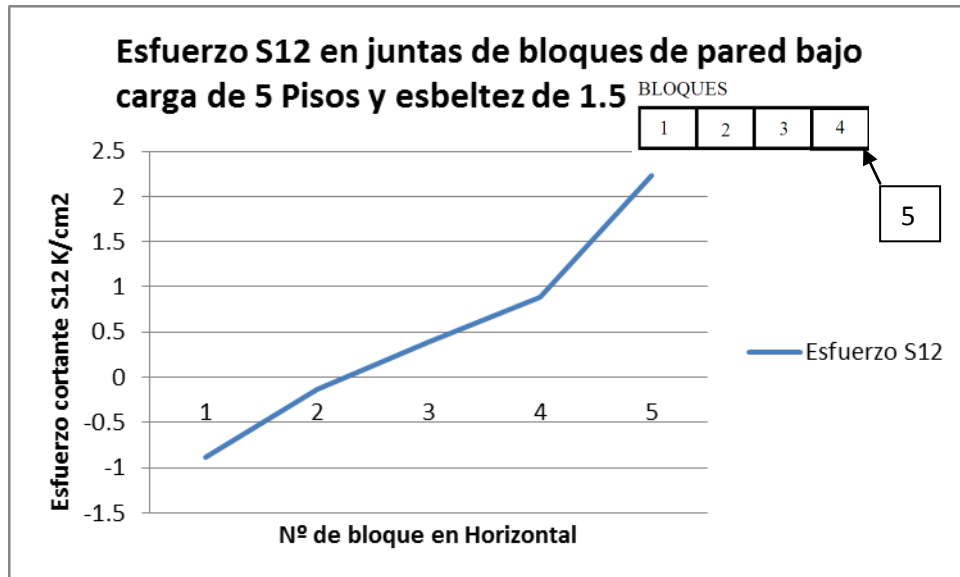
V.1.5.- Esfuerzos de corte en la sección.

En cuanto a este punto, de acuerdo al modelo 2-ELEMENTO DISCRETO- se obtiene que en los elemento Shell pertenecientes a la base de la pared con mayor fuerza horizontal se presentan también los mayores esfuerzos cortantes, con un valor máximo de 2,23 Kgf/cm² y 2,15 Kgf/cm², para paredes de esbelteces de 1,5y 1,0 respectivamente, que no exceden el valor máximo permisible según FEMA de 2,26 Kgf/cm².

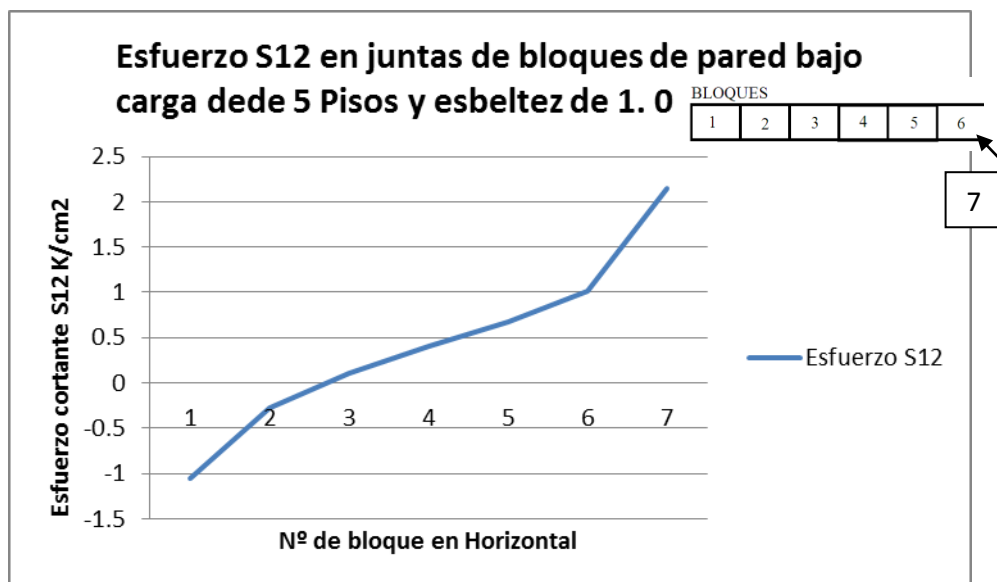
Tabla 47 : Esfuerzos en Bloques (Shell) e=1.5		
Bloque	Junta	Esfuerzo S12Top
Nº	Nº	Kgf/cm2
1	1	-0.89
1	14	-0.14
2	27	0.39
3	40	0.89
4	53	2.23

Tabla 48: Esfuerzos en Bloques (Shell) e=1.0		
Bloque	Junta	Esfuerzo S12Top
Nº	Nº	Kgf/cm2
459	1082	-1.05
460	1095	-0.28
461	1108	0.11
462	1121	0.4
463	1134	0.68
464	1147	1.01
464	1160	2.15

Grafica 1



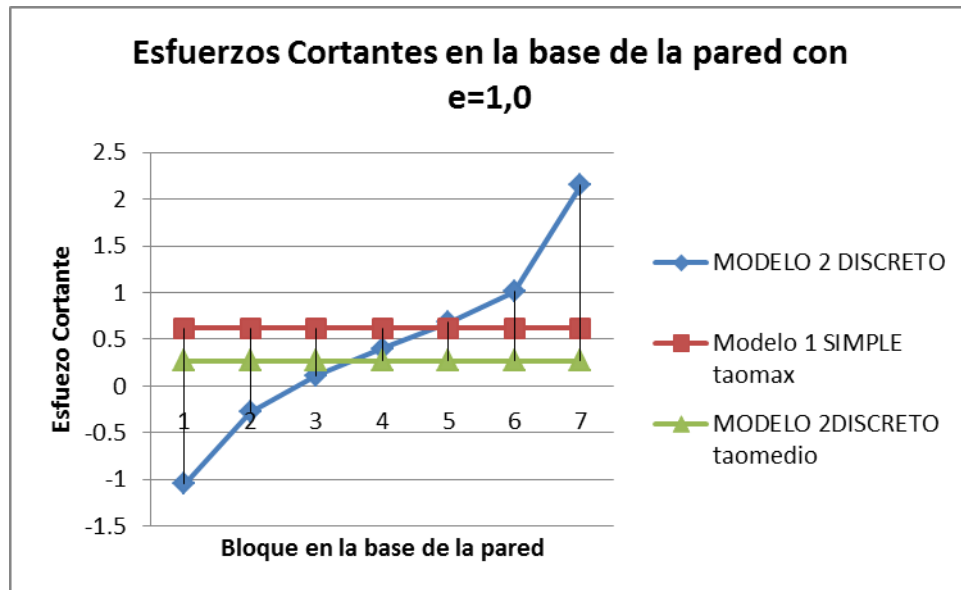
Grafica 2



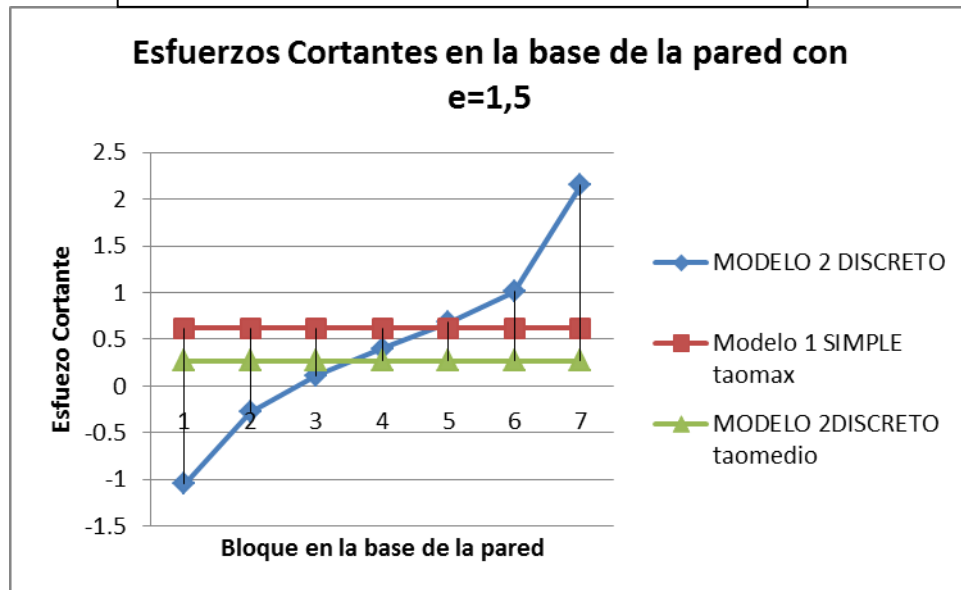
Utilizando el modelo 1 –SIMPLE- para calcular el esfuerzo máximo de corte τ_{max} , la relación $\tau_{max} = \frac{Q * MOMENTO\ ESTATICO}{I * s * e}$, se obtiene el valor de de 0,55 kg/cm² Y 0,62 Kg/cm²

para esbeltez d 1,0 y 1,5 respectivamente, valores inferior al modelo 2 –ELEMENTO DISCRETO- ; estando estos dos valores por encima del promedio del esfuerzo cortante en la sección al utilizar la expresión $\tau = FR/Ae$ para un valor de 0.27 Kg /cm2.

Grafica 3



Grafica 4



V.1.6. Esfuerzos en las diagonales.

En relación a este punto se quiso corroborar la presencia de la diagonal comprimida que genera una tracción en su diagonal perpendicular, de la Tabla 14 a la 32 y sus respectivas figuras donde se indica como va variando la compresión partiendo de un valor de -18.26 a un mínimo de -10.88 kg/cm² y nuevamente a un valor máximo de -21.03 kg/cm² y en la diagonal no del todo ortogonal a la anterior un valor con crecimiento lineal de -3.93 kg/cm² a -8.54 kg/cm², garantizándose así la no presencia de la tracción diagonal perjudicial en la mampostería que trabajan a corte y que tienen poca carga axial o la presencia de esta que este fuera de la excentricidad exigida.

V.2 Comportamiento estructural de la mampostería confinada ensayados en estudios anteriores realizados en Venezuela.

V.2.1 La determinación de las paredes de mampostería estructural como reforzadas, no solo esta sujeta a la identificación en el diseño de esta con un cierto grado de reforzamiento de acero y /o mortero, grouted o concreto para su confinamiento, sino responde a un conjunto de requerimientos como:

- a) Calidad de los materiales.
- b) Configuración de los elementos, tanto su ubicación, orientación, como del dimensionamiento y reforzamiento mínimo requerido.
- c) Inspección “in situ” que garantice la buena elaboración de dichas paredes.

Definiendo así a todas las paredes de mampostería que no respondan a los lineamientos prescritos para mampostería reforzada, no reforzada o pórtico rellenos, según los lineamientos de la UBC y FEMA, como mamposterías no estructurales o tabiquería.

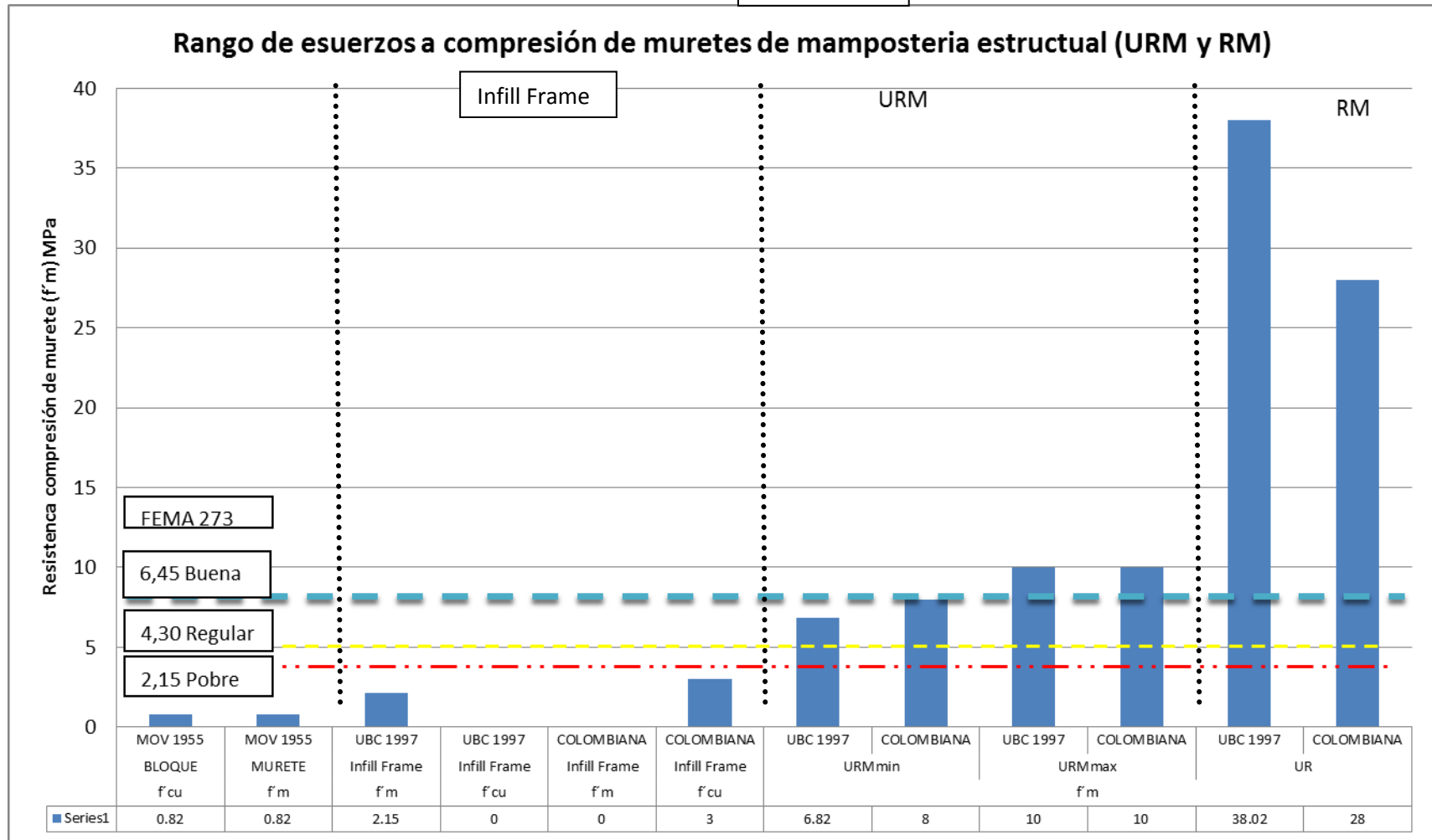
Tras a utilización de las definiciones experimentales dictadas por la UBC y FEMA 273/274 en cuanto a valores esperados tanto de f'_m (según correlaciones con la resistencia a compresión esperada de la unidad de mampostería f'_{cu}), como de f'_{mb} se puede caracterizar a la mampostería regulada por MOP 1995 como mampostería no reforzada (URM) de resistencia pobre. (Ver Grafica 5) Es por esto que se puede asumir que las edificaciones construidas bajo estos lineamientos (y que siguen dictando la cultura constructiva nacional para la elaboración de paredes), necesitarán ser sometidos a un proceso de rehabilitación o reforzamiento en función de la zona sísmica donde fueron construidos y el nivel de daño que se desea que acepten.

V.2.2 El diseño de la mampostería estructural responde al grado de ductilidad que se espera que esta desarrolle, limitado por aspectos expuestos en la conclusión V.2.1 presente en este trabajo; y dispone de 3 métodos básicos: Esfuerzos Permisibles para mampostería RM y URM, Diseño por resistencia para mampostería RM y el método Empírico para URM, mampostería con poca demanda de ductilidad y/o zonas con baja demanda sísmica.

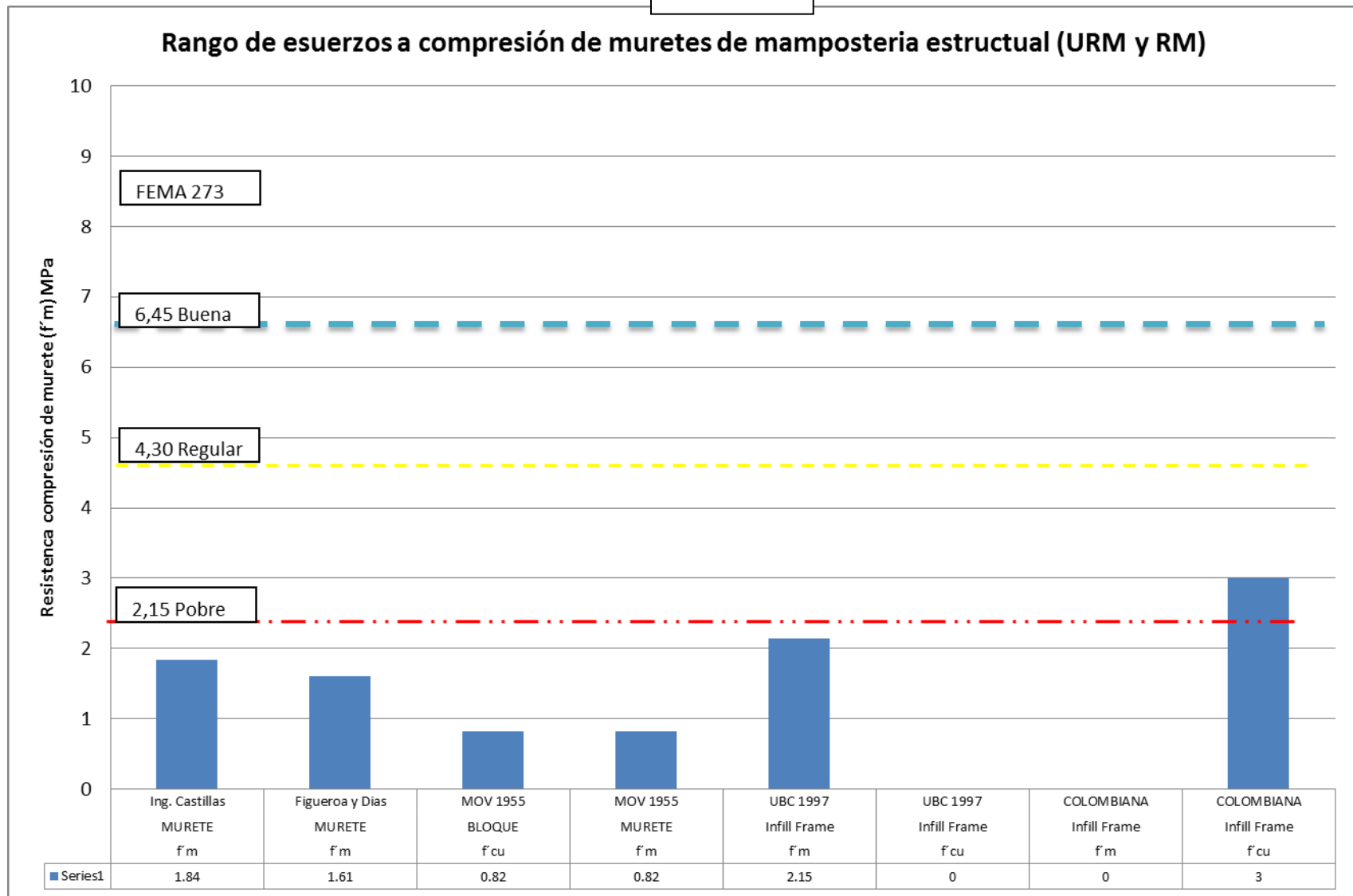
V.2.3 Tras la ausencia de algún lineamiento técnico o normativo para el diseño, construcción e inspección de sistemas estructurales basados en el uso de mampostería estructural, podemos decir que se espera que las edificaciones nacionales presenten una gran vulnerabilidad ante acciones sísmicas, por su incapacidad de desarrollar mecanismo de falla que la doten de cierta grado de ductilidad, acumulando grandes cantidades de daño en estas estructuras de forma similar a lo ocurrido al oeste de Estados Unidos, tras el

terremoto de Northbright razón por la cual se generan los lineamientos tales como FEMA para la rehabilitación y monitoreo de estos elementos mampuestos.

GRAFICA 5



GRAFICA 6



CAPITULO V

Análisis de los Resultados

1. Tras la identificación de los tipos de mampostería estructural regulados por FEMA 273/274 y el código de construcción UBC 1997, en donde se analizan teórica y experimentalmente las mamposterías: reforzada, no reforzada y pórticos rellenos (“infill frame”); pudimos concluir que la mampostería de bloques de concreto con perforaciones verticales reforzada con trabas de concreto simple, clasifica como una mampostería estructurales no reforzada (“URM”), si y solo si, se garantiza que la resultante de fuerzas esta en el tercio medio de la longitud de la pared, de forma tal de garantizar la no generación de esfuerzos a tracción pura, tal como lo indica la ACI ⁷⁷ para muros de carga y corte, diseñados por un método empírico, donde refiere:

“14.2 Los muros pueden diseñarse por medio de las disposiciones empíricas de la sección si la resultante de la carga axial afectada por el factor de carga, esta localizada dentro del tercio medio del espesor total del muro.”

Y se puede utilizar el método de diseño de los esfuerzos admisibles (capítulo 2107 “Allowed stress design”), para el diseño de dicho tipo de mamposterías.

2. En cuanto al objetivo de identificar el comportamiento estructural de las mamposterías no reforzada y reforzada según las regulaciones de FEMA (Federal Emergency Management Agency) 273 y 274, el mismo se logro a través del capítulo II apartado II.3, II.5 y II.6 en donde se identifica claramente que es una mampostería estructural para la UBC y cuales son los parámetros para su análisis, diseño y evaluación.

Para lo cual fija como parámetro la resistencia a compresión del murete f'_m , restringiendo el uso de las unidades de mampostería solo con perforaciones verticales, con una resistencia mínima de f'_m de 10 MPa para mampostería reforzada (Ver Grafica 5), que depende de la calidad del bloque, del tipo de mortero en juntas (tanto horizontales como verticales) y el acero de refuerzo; garantizando un buen desempeño en zonas de alta y mediana sismicidad, tal como se muestra en la curva 1, ya que cumple con los requerimientos previsto de reforzamiento y calidad de materiales, lo que garantiza la ocurrencia de los mecanismos de falla estudiados por el código y la utilización del método de resistencia (“Strengt design”).

Por otro lado, limita a la mampostería no reforzada, la cual presenta un f'_m menor de 10 MPa aproximadamente, a su uso en zonas de baja sismicidad, ya que tiene un desempeño que no permite obtener grandes daños en la zona plástica o gran ductilidad, como refleja la figura 42 tomado de la FEMA 273 donde se señalan los tres desempeños:

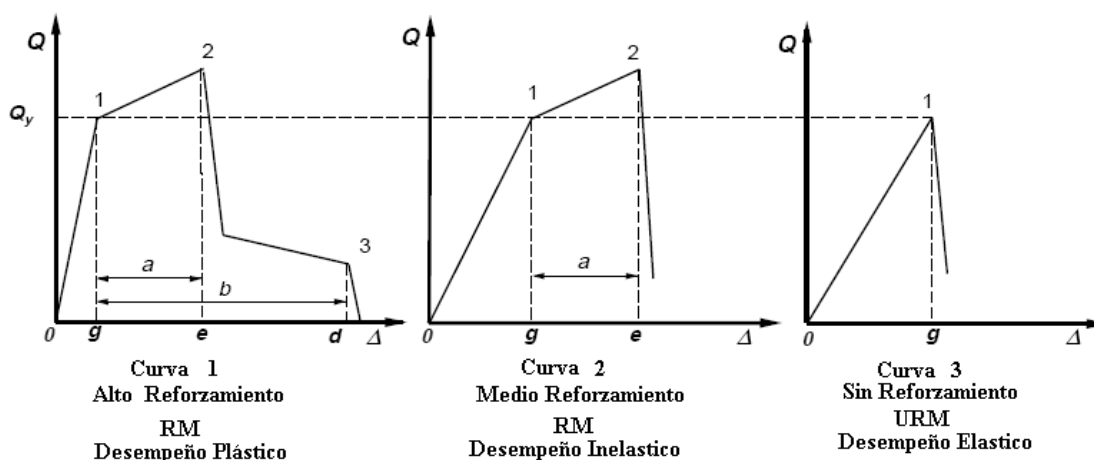


Figura 42. Desempeño de mampostería según reforzamiento.

3. En cuanto al cumplimiento del objetivo número 2 planteado en el capítulo I del presente trabajo de investigación, se observa que la mampostería estructural según MOP 1955, regula una resistencia de bloques y morteros que no cumplen con las especificaciones exigidas

por UBC, quedando el uso de estas mamposterías restringido únicamente a compresión, denominadas “bearing walls” o muros de carga.

Sin embargo, al revisar las investigaciones sobre la mampostería o tabiquería utilizadas en zonas populares, se visualiza que los materiales utilizados, empleados en los modelos experimentales y teóricos en investigaciones en el IMME, entre los que podemos mencionar: **“Las experiencias recientes en mampostería confinada sismo-resistente”, por el profesor Enrique Castilla; “El análisis de muros de mampostería compuestos actuando como muros de corte”, por el ingeniero Eugenio Pollner, “Cuantificación de la influencia del comportamiento en la adherencia a corte bloque-mortero para bloques de arcilla” en el Trabajo Especial de Grado de B. Diaz y M.Figueroa;** estos responden a unidades de bloques de arcilla con perforaciones horizontales, juntas horizontales únicamente y una resistencia media del murete f'_m , muy por debajo de la exigida a UBC, es decir, 8 MPa mínimo. En consecuencia, dichas mamposterías no están caracterizadas por UBC como mampostería estructural y/o corte, y menos por FEMA que clasifica a toda mampostería pobre como aquella que presenta un f'_m menor a 300 psi (2,15 MPa), concepto que coincide con lo planteado por el ingeniero Castilla que concluye: “3. No se recomienda utilizar la inelasticidad de los materiales con fines sismo-resistentes” (Ver Grafica 6).

4. En cuanto al cumplimiento de los objetivos nº 3 y 4 propuestos en el capítulo I, se logro modelar y analizar de forma discreta y simple la mampostería estructural de bloques de concreto reforzada con trabas de concreto simple, en donde se limitaron las cargas debido a la fuerza de compresión combinada con la carga sísmica lateral reducida en el rango elástico de servicio, situando la resultante en el tercio medio de la sección longitudinal de la pared, y con esto garantizar que los esfuerzos resultantes tengan la condición de flexo-compresión y

cortante tanto en la juntas horizontales como verticales. Los bloques fueron modelados como Shell y las trabas como columnatas. En dicho modelo no se incluyó el mortero ya que se trata de plantear la solución de esta mampostería como un material homogéneo isotrópico que permite utilizarla la sección transformada para el análisis de su sección.

5. En cuanto a tratar de acotar este trabajo de mampostería reforzada con trabas verticales, con los trabajos experimentales realizados, sobre un pórtico relleno de bloques o “infill frame” desarrollado en el IMME⁶⁸ según boletín 59-60 de fecha julio-diciembre 1977, difiere en cuanto a la rigidez lateral, diagonal de compresión y patrón de fisuraciones y colapsos, esto debido a que en los mismo se desarrollaron con una resistencia f'_m del murete, tipo de mortero, calidad mecánica del mortero, no definida, elementos fundamentales para estudiar este tipo de mampostería clasificada como confinada o “infill frame” por el código UBC y las normas colombianas. De hecho que en tal ensayo se concluyó y cito: “ tanto los estudios teóricos como los experimentales sobre la interacción entre pórticos y paneles de relleno demuestran que como consecuencia de la misma, cambian fundamentalmente la rigidez y distribución de esfuerzos con relación a las de pórticos libres, sin interferencia de los paneles de relleno, supuestos como elementos no estructurales”.

⁶⁸ Análisis de mamposteria Polner

CAPITULO VI

Conclusiones

- 1.- La mampostería de bloques de concreto con perforaciones verticales reforzada con trabas de concreto simple, clasifica como una mampostería estructural no reforzada (“URM”) y se diseño por el método de los esfuerzos admisibles, generando una fuerza resultante por carga vertical y horizontal que queda dentro del 1/3 medio de la pared garantizando la no tracción de la sección conjugada.
- 2.- Se identificó el comportamiento de la mampostería reforzada (RM) y no reforzada (URM) según UBC, fijando como parámetro de control el valor de f'_m , calidad del bloque, tipo de junta, ubicando a la mampostería no reforzada en zonas de baja sismicidad por la poca ductilidad y daños.
- 3.- Revisando la bibliografía pertinente al diseño de muros estructurales, se verifica entonces que los sistemas constructivos que incorporen muros como el analizado en este TEG quedan prohibidos en zonas de alta sismicidad, por las razones expuestas en la conclusión numero dos.
- 4.- La Norma MOP 1955 regula paredes de carga que no cumplen con los requerimientos UBC sismo-resistentes.
- 5.- La mampostería popular con perforaciones y pego horizontal modelada en ensayos anteriores del IMME, clasifica como pared pobre, menor de 300 psi por lo que no se considera como estructural.
- 6.- Es fundamental caracterizar los materiales tanto del esfuerzo a compresión promedio del murete, como de sus componentes, el pego y la unidad de mampostería, ubicados estas últimos

con las celdas orientadas paralelas a la dirección de la carga aplicada para futuros ensayos a la mampostería.

7.- En vista de ser una tipo de estructura no tipificada por la norma, se requiere la realización ensayos que corroboren la conducta esperada según el análisis teórico y criterios propios del método utilizados en dicho Trabajo Especial de Grado.

CAPITULO VII

Recomendaciones

- 1.- En vista de la complejidad y amplitud del tema tanto del diseño como de la evaluación de estructuras basadas en mampostería como sistema estructural, se recomienda que se hagan próximos Trabajos Especiales de Grado en esta línea de investigación con preferiblemente con la participación de dos o mas estudiantes, con un indispensable manejo del ingles técnico debido a la limitada información que se dispone en español referida a su “estado del arte”.
- 2.- En vista de las limitaciones propias de las herramientas de calculo por elemento finito (SAP 2000) y el tipo de vinculaciones disponibles en el modelo (Shell vs Frame), se recomienda elaborar modelos que incorporen en su estudio el comportamiento de otros elementos aparte del bloque, como lo son: el pego en las juntas, las trabas de concreto y su interacción ante diferentes solicitaciones.
- 3.- En cuanto a la utilización de los lineamientos dictados en la norma MOP 1955, para la elaboración de paredes, las cuales siguen siendo parte de la cultura constructiva de estos elementos en la actualidad, se hacen insuficientes para regular paredes con un comportamiento adecuado ante sismo; por lo que se recomienda que al igual como lo tienen otros países entre ellos México, Colombia o Perú, Venezuela debería elaborar unos lineamientos similares para el diseño y construcción de mampostería estructural.

BIBLIOGRAFIA

(Ref 1) J IMÉNEZ, Virginia. Gestión Integral de Riesgos, acciones para la construcción de una política de Estado. Caracas-Venezuela: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2005, 282p

(Ref. 2) Amrhein, J. E. & Porter, M. L.(2009). *Reinforced Masonry Engineering Handbook* (6ta. ed.).Washington, DC.: Masonry Institute of America & International Code Council.

(Ref. 3) Gallegos, H., Ramirez de Alba, O. (2003). Las Estructuras de Mamposteria. En Fundación ICA, *Edificaciones de Mampostería para Edificios*. (3ra. ed.pp. 3-21). D.F., México.: Fundación ICA.

(Ref.4) NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA publication 273, 274), Washington, D,C., 1997.

(Ref. 5) Building Code Requirements for Mansory Structures, ACI-530-2002

(Ref. 6) R. Park, T. Paulay,1980, Estructura de Concreto Reforzado, Editorial Limusa, México. 7- Enrique Bazan, Roberto Meli, 1999, Diseño Sísmico de Edificios, Editorial Limusa, México

(Ref.7) Uniform Building Code, V. 2, Structural Engineering Design Provisions, 1997 Edition, International Conference of Building Officials, Whittier, CA, 1997, 492 pp

(Ref.8) Fema 273 y 274. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation for Buildings. Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council, September 1996.

(Ref.9) M.O.P. Manual para el Cálculo de Edificios 1945. Ministerio de Obras Públicas, Imprenta Nacional, Enero de 1945.

(Ref.10) M.O.P. Normas para el Cálculo de Edificios 1947. Ministerio de Obras Públicas, Imprenta Nacional, 1948.

(Ref.11) M.O.P. Normas para el Cálculo de Edificios 1955. Ministerio de Obras Públicas, Imprenta Nacional, Mayo de 1954.

(Ref. 12) M.O.P. Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas. Ministerio de Obras Públicas, 1967.

(Ref.13) Castilla, E.”Experiencias Recientes en Mampostería Confinada Sismo-resistente”. Boletín Técnico, Año 25, N° 79, I.M.M.E., Caracas, 1990; pp. 31-60.

(Ref. 14) Pollner, E; Molina Y. & Spasic B. “Estudio Experimental de Estructuras de Grandes Paneles, Bajo Acción de Cargas Horizontales Alternadas”. Boletín Técnico, Año XIII, N° 54-55, I.M.M.E. Caracas, 1976; pp. 59-100.

(Ref. 15) Pollner, E. “Análisis de Muros de Mampostería Compuestos actuando como Muros de Corte”. Boletín Técnico, Año XV, N° 59-60, I.M.M.E. Caracas, 1977; pp. 31-54.

(Ref.16) Arnold, C., & Reitherman, R. (1987). Configuración y diseño sísmico de edificios. Mexico: Limusa.

(Ref.17) Gallegos, H., & Ramírez de Alba, H. (2003). Estructuras de mampostería. En F. ICA, Edificaciones para mamposteria de viviendas (págs. 3-21). Mexico: Fundación ICA.

(Ref. 18) Tena, A., & Miranda, E. (2003). Comportamiento mecánico de la mampostería. En F. ICA, Edificaciones de mampostería para viviendas (págs. 101-130). Mexico D.F: Fundación ICA.

(Ref.19) Wikipedia. (11 de Abril de 2005). Wikipedia.org. Recuperado el 10 de Septiembre de 2011, de Muro: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Muro&limit=500&action=history>

(Ref. 20) Instituto de Estructuras y Transporte. (1991). Apuntes de Mampostería Estructural. I.E.T. – Facultad de Ingeniería. Universidad de la República Oriental del Uruguay, Uruguay

(Ref. 21) Comunidadandina.org. (6 de Diciembre de 2006). Recuperado el 20 de Septiembre de 2011, de <http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/r1/sistematiz/InfoSistematizVen.pdf>

(Ref. 22) Torres, O. (2003). Sistemas Constructivos para Viviendas de Mampostería. En Fundación ICA, *Edificaciones de Mampostería para Edificios*. (3ra. ed.pp. 3-21). D.F., México.: Fundación ICA.

(Ref 23) *UBC-IBC (1997-2000) Structural Comparisons and Cross References*, ICBO, 2000.

