

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE UN MODELO DE MASAS EQUIVALENTE POR PISO PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA.**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Bachiller:  
Rengel Strafella, José Gregorio  
Para optar al Título de  
Ingeniero Civil

Caracas, abril 2011

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE UN MODELO DE MASAS EQUIVALENTE POR PISO PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Francisco Garcés

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por el Bachiller:  
Rengel Strafella, José Gregorio  
Para optar al Título de  
Ingeniero Civil

Caracas, abril 2010

ACTA

El día 2 de Mayo Se reunió el jurado formado por los profesores:

Oscar A. López  
Roberto Fernández  
Francisco Garcés

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado "PROPUESTA DE UN MODELO DE MASAS EQUIVALENTE POR PISO PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA" Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar por el Título de INGENIERO CIVIL. Una vez oída la defensa oral que el bachiller hizo de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió la siguiente calificación:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. José Gregorio Rengel Strafella	20	Veinte

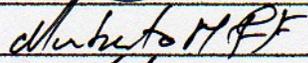
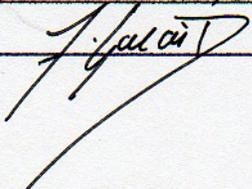
Recomendaciones:

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO

 Oscar A. Lopez  
 Roberto Fernández  
 F. Garcés

Caracas, 2 de Mayo de 2011

## DEDICATORIA

*A mi madre, Anna María Strafella Mirra y a mi padre, Humberto Rafael Rengel Brito, por brindarme todo el apoyo espiritual y material necesario para mi crecimiento como estudiante y persona, por inculcarme con mucho amor los valores del respeto, la sinceridad y el trabajo. A ellos debo mi vida y todos mis logros.*

*A mi hermano, Humberto Antonio Rengel Strafella y mi hermana, Anna Karina Rengel Strafella, por ser mis acompañantes en el aprendizaje de la vida, darme sonrisas y enfados, por su comprensión y amor infinito.*

*A los que me acompañaron en el largo y hermoso camino del pregrado en la Universidad Central de Venezuela, donde recibí todo su apoyo, especialmente mis grandes amigos, Heyter, Romme, Valentina y Florian.*

*A mi tutor y amigo, Francisco Garcés por brindarme todo su apoyo y consejo en lo académico y personal.*

*Al movimiento estudiantil progresista de la Universidad Central de Venezuela comprometido con las luchas del pueblo Venezolano y a todos mis compañeros de lucha por la construcción de una sociedad más justa, que tanto han contribuido con mi formación como individuo integral.*

*A todos mis amigos y profesores que con su apoyo contribuyeron a mi formación académica y personal.*

**José G. Rengel S.**

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Anna María Strafella Mirra y Humberto Rafael Rengel Brito. Por su constante esfuerzo, dedicación, guía y ejemplo tan necesarios en el camino de mi formación académica. De ustedes aprendí el valor del respeto, el amor, la sinceridad y el trabajo duro indispensables para el buen vivir y el cumplimiento de los sueños.

A mis hermanos, Humberto Antonio Rengel y Anna Karina Rengel, que me brindan día a día su apoyo y cariño, indispensables para el avance y la renovación de las fuerzas físicas e intelectuales.

A la Universidad Central de Venezuela, la casa que vence la sombra, máxima casa de estudio del país, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de iniciar y culminar los estudios de ingeniería felizmente.

A mi tutor, Francisco Garcés por su apoyo, su amistad y su ejemplo de constancia, trabajo y profesionalismo.

A todos los amigos, profesores, estudiantes y trabajadores de la Universidad Central de Venezuela que de una u otra forma contribuyeron directa o indirectamente en mi formación.

A todos ustedes, mil gracias.

**José G. Rengel S.**

Rengel S., José G.

## **PROPUESTA DE UN MODELO DE MASAS EQUIVALENTE POR PISO PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA**

**Tutor: Prof. Francisco Garcés**

**Trabajo Especial de Grado. Ciudad Universitaria de Caracas, Facultad  
de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2011. 192 págs.**

**Palabras claves:** Mampostería confinada, Matriz de masa, dinámica estructural, Simulación numérica, Análisis estático lineal, Rigidez lateral, Modelos equivalentes.

En el presente trabajo se elaboró el estudio de distintos modelos computacionales de muros de mampostería confinada, variando su relación de aspecto, número de vanos y pisos, con la finalidad de obtener valores de masa traslacional dinámica que permitan obtener la propuesta de un modelo de masas equivalente por piso para este tipo de estructuras.

Para el logro de los objetivos de este trabajo, se elaboró una metodología estructurada en cuatro etapas. La primera etapa consistió en la revisión de bibliografía técnica y antecedentes sobre investigaciones realizadas en el campo de la mampostería confinada, esto con la finalidad de hallar valores característicos del comportamiento mecánico de este tipo de estructuras. La segunda etapa consistió en la descripción de la simulación en elementos finitos realizada para estructuras de mampostería confinada. Se realiza una descripción del modelo: El tipo de elementos finitos utilizados para el modelo y las restricciones geométricas asignadas al mismo. La tercera etapa consistió en el estudio de los modelos computacionales y su clasificación. Para el estudio se hallan los valores del período de vibración principal de la estructura y su matriz de rigidez. Los modelos se clasifican de acuerdo a su geometría: Número de niveles, número de vanos, altura por nivel y relación de aspecto (H/L). La cuarta etapa consistió en el cálculo de la fracción de masa participativa del muro por nivel, en función del número de pisos y su relación de aspecto. De todo lo anterior, se propone un modelo de masas equivalente para estructuras de mampostería confinada de baja altura, definiendo un valor de masa dinámica por piso en función de la altura y la relación de aspecto. Los resultados obtenidos establecen un modelo de masas equivalente con valores de fracción de masa participativa del muro que oscilan de 0,457 a 0,373 en el caso de estructuras de un nivel, para estructuras de dos niveles se obtuvieron valores de 0,477 a 0,469 para el primer nivel y de 0,266 a 0,238 para el segundo nivel.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
I.2. OBJETIVO .....	4
I.2.1. Objetivo general.....	4
I.2.2. Objetivos específicos. ....	4
I.3. APORTES.....	5
I.3.1. En la línea de investigación: .....	5
I.3.2. En lo social: .....	5
I.3.3. En lo institucional:.....	5
I.3.4. En lo personal:.....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
II.1. MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL .....	7
II.1.1. Mampostería.....	7
II.1.2. Unidad de Mampostería.....	7
II.1.3. Mortero. ....	8
II.2. DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA .....	9
II.2.1. Mampostería no reforzada.....	9
II.2.2. Mampostería reforzada.....	9
II.2.3. Mampostería pretensada. ....	10
II.3. EFECTO DEL CONFINAMIENTO.....	10
II.3.1. Confinamiento.....	10
II.3.2. Acción de volcamiento sobre muros de mampostería confinada.....	11

II.3.3. Diferencia entre el comportamiento de las estructuras aporticadas y las estructuras de mampostería confinada.....	12
II.3.4. Agrietamiento diagonal en mampostería .....	13
II.4. ENSAYOS TÍPICOS DE LA MAMPOSTERÍA.....	14
II.4.1. Ensayo de resistencia a compresión axial de pieza.....	14
II.4.2. Ensayo de resistencia a compresión axial de pila.....	15
II.4.3. Ensayo de compresión diagonal.....	16
II.4.4. Ensayos cíclicos. ....	17
II.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE DISTINTOS TIPOS DE MAMPOSTERÍA. .....	19
II.5.1. Valores típicos de la resistencia a compresión de la mampostería en Venezuela.....	19
II.5.2. Módulo de elasticidad y de corte para la mampostería.....	19
II.6. ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS .....	21
II.6.1. Definición de rigidez en el rango elástico.....	21
II.7. MODELOS DE MASA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL .....	22
II.7.1. Modelo de masa diagonal. ....	22
II.7.2. Modelo de masas consistentes. ....	22
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>24</b>
<b>MÉTODO.....</b>	<b>24</b>
III.1. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
III.1.1. ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	25
III.1.1.1. Definición de los materiales y sus propiedades mecánicas.....	25
III.1.2. ETAPA 2: DESCRIPCIÓN DE LA SIMULACIÓN EN ELEMENTOS FINITOS.....	26
III.1.2.1. Descripción del modelo. ....	26
III.1.2.2. Definición de las restricciones del modelo.....	28
III.1.2.3. Asignación de fuerzas laterales por nivel. ....	29

III.1.2.4. Asignación de masa del modelo.....	30
III.1.3. ETAPA 3: ESTUDIO DE LOS MODELOS COMPUTACIONALES. ....	31
III.1.3.1. Definición geométrica y clasificación de los <i>modelos base</i> . ....	32
III.1.3.2. Estimación de la matriz de rigidez. ....	33
III.1.4. ETAPA 4: ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE MASA PARTICIPATIVA DEL MURO POR NIVEL. ....	35
III.1.4.1. Cálculo de masa dinámica y fracción de masa participativa del muro. ....	35
III.1.4.2. Comparación entre modelos de distintas rigideces. ....	38
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>40</b>
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>40</b>
IV.1. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE UN VANO Y UN NIVEL.....	40
IV.1.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m .....	40
IV.1.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m .....	47
IV.1.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m .....	53
IV.1.4. Análisis de resultados para muros de un vano y un nivel.....	59
IV.2. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE DOS VANOS Y UN NIVEL.....	61
IV.2.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m .....	61
IV.2.1.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L). ....	61
IV.2.1.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L). ....	67
IV.2.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m .....	73
IV.2.2.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L) .....	73
IV.2.2.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L) .....	79
IV.2.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m .....	85
IV.2.3.1 Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L) .....	85
IV.2.3.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L). ....	91
IV.2.4. Análisis de resultados para muros de dos vanos y un nivel. ....	97

IV.3. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE UN VANO Y DOS NIVELES.....	99
IV.3.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m .....	99
IV.3.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m .....	106
IV.3.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m .....	113
IV.3.4. Análisis de resultados para muros de un vano y dos niveles. ....	120
IV.4. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE DOS VANOS Y DOS NIVELES.....	122
IV.4.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m .....	122
IV.4.1.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L). ....	122
IV.4.1.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L). ....	129
IV.4.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m .....	136
IV.4.2.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L). ....	136
IV.4.2.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L). ....	143
IV.4.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m .....	150
IV.4.3.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L). ....	150
IV.4.3.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L). ....	157
IV.4.4. Análisis de resultados para muros de dos vanos y dos niveles.....	164
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>166</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>166</b>
V.1. CONCLUSIONES .....	166
V.1.1. Para muros de mampostería de un nivel.....	167
V.1.2. Para muros de mampostería de dos niveles. ....	167
V.1.3. Propuesta de modelo de masas equivalente por piso para estructuras de mampostería confinada de baja altura.....	167
V.2. RECOMENDACIONES.....	169
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>173</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA II. 1.</b> Valores Promedio de $f'm$ para Venezuela .....	19
<b>TABLA II. 2.</b> Valores de módulo de elasticidad y corte según manual de aplicación de normas para estructuras sismorresistentes de Venezuela. ....	20
<b>TABLA II. 3.</b> Valores de módulo de elasticidad y corte según norma técnica E.070 albañilería de Perú. ....	20
<b>TABLA II. 4</b> Valores de módulo de elasticidad y corte según Norma Mexicana. ...	20
<b>TABLA III. 1</b> Principales propiedades mecánicas utilizadas en los modelos de la mampostería confinada. ....	26
<b>TABLA III. 2</b> Peso por unidad de volumen y área de elementos de la mampostería confinada. ....	26
<b>TABLA III. 3.</b> Asignación de masa adicional en función de la masa del muro. ....	31
<b>TABLA III. 4</b> Clasificación de los modelos en función de la relación de aspecto. .	32
<b>TABLA III. 5</b> Clasificación de los modelos en función de la relación de aspecto (Variando relación de aspecto). ....	32
<b>TABLA III. 6</b> Comparación entre modelos de muros de mampostería de distinta rigidez lateral. ....	39
<b>TABLA IV. 1</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura $H= 2m$ . ....	41
<b>TABLA IV. 2</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura $H= 3m$ . ....	47
<b>TABLA IV. 3</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura $H= 4m$ . ....	53
<b>TABLA IV. 4</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 2m$ . (Vanos con la misma relación de aspecto). ....	61

<b>TABLA IV. 5</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 2m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).....	67
<b>TABLA IV. 6</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 3m$ . (Vanos con la misma relación de aspecto).....	73
<b>TABLA IV. 7</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 3m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).....	79
<b>TABLA IV. 8</b> . Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 4m$ . (Vanos con la misma relación de aspecto).....	85
<b>TABLA IV. 9</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura $H= 4m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).....	91
<b>TABLA IV. 10</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura $H= 2m$ .....	99
<b>TABLA IV. 11</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura $H= 3m$ .....	106
<b>TABLA IV. 12</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura $H= 4m$ .....	113
<b>TABLA IV. 13</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 2m$ . (Vanos con la misma relación de aspecto).....	122
<b>TABLA IV. 14</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 2m$ . (Vanos con distinta relación de aspecto).....	129
<b>TABLA IV. 15</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 3m$ . (Vanos con la misma relación de aspecto).....	136

<b>TABLA IV. 16</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 3m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).....	143
<b>TABLA IV. 17</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 4m$ . (Vanos con misma relación de aspecto) .....	150
<b>TABLA IV. 18</b> Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura $H= 4m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).....	157

# INTRODUCCIÓN

En esta investigación se realizaron simulaciones numéricas de modelos de muros de mampostería confinada de baja altura, para estimar la masa dinámica equivalente y la fracción de masa participativa del muro, con la finalidad de proponer un modelo de masas equivalente para este tipo de estructuras. Dando continuación a la línea de investigación sobre mampostería estructural que el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) viene desarrollando.

Este trabajo de grado se estructuró en cinco (5) capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I, Problema. Se desarrollan los motivos y necesidades nacionales que dieron inicio a esta investigación, así como los objetivos planteados y los aportes que se esperan realizar.

Capítulo II, Marco teórico. Se presentan los conceptos necesarios para comprender a plenitud la investigación, la definición de la mampostería como elemento estructural, las distintas propiedades mecánicas, los tipos de ensayos de resistencia, conceptos de dinámica estructural y modelos de masas, todo producto de la investigación bibliográfica.

Capítulo III, Método. Se presentan las distintas etapas que se siguieron en la investigación para alcanzar los objetivos propuestos. Las etapas consisten en: Revisión de bibliografía técnica y antecedentes sobre investigaciones realizadas en el campo de la mampostería confinada, descripción de la simulación en elementos finitos, el estudio de los modelos computacionales con su clasificación y finalmente el cálculo de la masa dinámica equivalente y de la fracción de masa participativa del muro por nivel, en función del número de pisos y su relación de aspecto.

Capítulo IV, Resultados y análisis. Se muestran los resultados obtenidos con su análisis respectivo.

Capítulo V, Conclusiones y recomendaciones. Se presentan las principales conclusiones producto del análisis y la interpretación de los resultados, incluyendo recomendaciones finales sobre la línea de investigación abordada.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA

### I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La República Bolivariana de Venezuela se ubica entre la placa tectónica del Caribe y la Suramericana. Presenta tres fallas tectónicas principales en su territorio: *Falla de Boconó, San Sebastián y El Pilar*. Esto coloca a Venezuela en una zona de amenaza sísmica importante.

En la actualidad aproximadamente el 80% de la población venezolana (Instituto Nacional de Estadística, 2001) se concentra en las regiones de mayor amenaza sísmica según la zonificación nacional estipulada en la Norma Venezolana COVENIN 1756:2001-1 “Edificaciones Sismorresistentes”. Los sectores de menores recursos económicos de nuestra población, resuelven su problema habitacional construyendo viviendas de mampostería. Además, históricamente gran parte de las soluciones habitacionales impulsadas por el gobierno nacional se han sustentado en este tipo de viviendas. A pesar de esto, nuestro país aún no cuenta con una norma actualizada relativa al análisis, diseño y construcción de edificaciones de mampostería estructural; la última norma relacionada a éste tipo de estructuras corresponde a la norma MOP de 1955 que sin embargo, no contemplaba la acción sísmica; hay que destacar que algunos países latinoamericanos ya cuentan con normas o reglamentos que contemplan la acción sísmica y los detalles sismorresistentes para este tipo de edificaciones.

Caracas es un ejemplo de ciudad donde la mayor parte de las construcciones populares utilizan la mampostería como sistema estructural para sus viviendas. La construcción de estas viviendas sin detalles sismorresistentes en las laderas de los cerros, donde los constructores sólo disponen de su conocimiento popular, implican una alta vulnerabilidad en su sistema estructural. Si a esto le sumamos el difícil acceso por falta de vías de comunicación, la amenaza sísmica y la amenaza de

deslizamiento existente encontramos que el riesgo en el que viven diariamente miles de seres humanos es muy grande.

En nuestras Universidades Nacionales, mayormente se estudian sistemas estructurales aporticados de concreto armado y acero, excluyendo la mayoría de las veces el estudio de la mampostería estructural. Siendo la mampostería confinada el sistema estructural más utilizado por la población nacional para la solución de sus necesidades de vivienda, es imprescindible tomar acciones para que este tipo de estructuras sean conocidas y calculadas por los estudiantes de ingeniería civil.

La mecánica de materiales hace posible el análisis de estructuras aporticadas a través de los elementos “barras” que han resultado una herramienta suficientemente precisa para su análisis. En el caso de estructuras de mampostería no existe un modelo simple que represente su comportamiento en conjunto a los elementos que la confinan. Surge así la necesidad de elaborar modelos simplificados sobre el comportamiento sismorresistente de las estructuras de muros de mampostería. Para esto, se debe conocer los tipos de materiales a utilizar en la etapa constructiva y sus propiedades mecánicas. Ya existen algunos estudios y ensayos que han avanzado en este ámbito, principalmente los realizados por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela (IMME-UCV). (MOLINA, 1997. CASTILLA, 1998. MARINILLI, 2007).

Algunas de las interrogantes que se plantea resolver el trabajo de grado son: ¿Cuáles son los modelos de masas existentes que puedan usarse para el análisis dinámico de las estructuras de mampostería confinada?, ¿Qué modelo de masas es recomendable utilizar para el análisis dinámico de estructuras de mampostería?, ¿Qué valores y propiedades mecánicas deben asignarse a un modelo computacional de mampostería?, ¿Es viable simplificar el modelo de análisis a partir de un modelo de masas?, ¿Los valores de masa traslacional obtenidos para la simplificación del modelo de análisis dinámico son congruentes?.

## **I.2. OBJETIVO**

### **I.2.1. Objetivo general**

1. Proponer un valor de masa traslacional dinámica equivalente por piso para estructuras de mampostería confinada de baja altura en función del número de pisos y de su relación de aspecto.

### **I.2.2. Objetivos específicos.**

1. Estudiar los modelos de masa utilizados en el análisis dinámico de estructuras de mampostería confinada.
2. Recopilar los valores característicos de los materiales utilizados en Venezuela para la construcción de estructuras de mampostería confinada.
3. Realizar el análisis dinámico de estructuras de mampostería confinada de baja altura y con diferente relación de aspecto.
4. Obtener un valor de masa traslacional dinámica para un modelo equivalente de un grado de libertad por piso en muros de mampostería confinada, en función del número de pisos y relación de aspecto.

### **I.3. APORTES**

#### **I.3.1. En la línea de investigación:**

Desde el Instituto de Materiales y Modelos estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela (UCV) por más de veinte años se viene desarrollando una línea de investigación sobre el comportamiento sismorresistente de la mampostería estructural confinada, de la cual se tienen importantes experiencias y resultados de investigaciones. Es la intención de este trabajo especial de grado contribuir ampliando el conocimiento existente respecto a esta línea de investigación.

#### **I.3.2. En lo social:**

Siendo la vivienda digna y segura ante fenómenos naturales (sismos, deslizamientos) una de las más sentidas necesidades de nuestro pueblo, es impostergable la tarea de investigar y aportar conocimientos en la dirección correcta para la solución de éste problema y demás necesidades de nuestra población, logrando tecnificar el saber popular a fin de hacer que las viviendas populares tengan un comportamiento sismorresistente adecuado. Es una responsabilidad ineludible del estudiantado nacional y de nuestras Universidades el aportar conocimientos para satisfacer las necesidades de nuestro pueblo y lograr para él la mayor suma de felicidad posible. Es ésta la intención de este trabajo especial de grado.

#### **I.3.3. En lo institucional:**

Instituciones cuyas investigaciones se han enfocado al tema de las viviendas de Mampostería, que además tienen alta experiencia en el aporte teórico a la elaboración de normativas técnicas Nacionales son: El Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) y la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). El Trabajo de Grado propuesto intenta hacer aportes en

conjunto con estas Instituciones al desarrollo de la Investigación y de Normativas en el área de la Mampostería.

#### **I.3.4. En lo personal:**

La investigación sobre la mampostería confinada, que mayoritariamente es utilizada por los sectores poblacionales más desposeídos de mi país, me ha permitido profundizar y entender un problema de la actualidad venezolana. Una realidad social fundada en la injusticia donde sencillamente los pobres ante la ausencia de apoyo en lo técnico y económico construyen sus viviendas, por lo general sin los criterios de Ingeniería más correctos, quedando así al margen de todo beneficio social y en manos de un inmenso riesgo. He tomado mayor consciencia sobre la pertinencia social que tiene el estudiante y el profesional de la Ingeniería, donde los conocimientos que se adquieren en la Universidad no deben jamás constituirse como propiedad intelectual individual, el conocimiento es una propiedad social de toda la Humanidad. Este trabajo de grado ha servido para afianzar mis convicciones reconociendo a la Solidaridad, el Compromiso y el Amor como valores fundamentales que deben existir entre los seres humanos de mi patria. Convencido estoy aún más de que todos mis conocimientos estarán hoy y siempre al servicio del pueblo pobre, excluido y explotado de Venezuela y toda la Región Suramericana. De igual forma ha servido para afianzar mi creencia que un cambio radical de las cosas ha de ocurrir más temprano que tarde en esta gran región del planeta, un cambio que siembre de Educación, Trabajo, Justicia y Equidad nuestras Naciones.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se desarrollan todos los conceptos teóricos necesarios para la clara comprensión de la investigación realizada, principalmente la definición de mampostería, sus propiedades mecánicas y conceptos básicos de dinámica estructural.

#### **II.1. MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL**

##### **II.1.1. Mampostería.**

La mampostería es un material estructural compuesto que está integrado por unidades asentadas con morteros, es heterogéneo y anisotrópico, y tiene una resistencia a la compresión elevada, dependiente principalmente de aquella de la propia unidad, mientras que la resistencia a tracción es reducida y está controlada por la adhesión entre la unidad y el mortero (Gallegos y Casabonne, 2005). Constituye uno de los materiales de construcción más antiguos utilizados por el hombre, con mampostería se han construido elementos tan diversos como arcos, vigas y columnas, su expresión fundamental y preponderante es el muro (Carrillo y Molina, 1997).

##### **II.1.2. Unidad de Mampostería.**

La unidad de mampostería es el componente básico para la construcción de la mampostería. Es elaborada con materias primas diversas; arcilla, concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal principalmente. Se forma mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación, o por extrusión. En Venezuela las piezas de mampostería más utilizadas son los bloques de concreto de cemento portland y bloques de arcilla de distintas dimensiones. La producción de las piezas se realiza en condiciones disímiles: En sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarios sitios, a veces incluso a pie de obra, con bajo control de calidad.

Los tipos de unidades de mampostería se clasifican casi universalmente basándose en el área neta, medida en proporción al área bruta en su cara de asiento, y en las características de los alveolos. Pueden mencionarse entre ellos (Gallegos y Casabonne, 2005):

Unidades sólidas o macizas.

Unidades huecas.

Unidades perforadas.

Unidades tubulares.

### **II.1.3. Mortero.**

La construcción tradicional de albañilería utiliza unidades asentadas con mortero. El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y, sobre todo, la de unir las o adherirlas con relativa estabilidad en el proceso constructivo, proveyendo rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada, y para formar, en última instancia, un conjunto durable, impermeable y con alguna resistencia a la tracción. Estrictamente, el mortero es el material que cumple la función de pegar o adherir entre sí las unidades de mampostería.

Es importante resaltar que el mortero es distinto al concreto, por lo general tienden a confundirse porque ambos materiales tienen los mismos ingredientes, es decir, cemento, agregado y agua. La diferencia es que el concreto es un material estructural en sí, lo que orienta a su tecnología a buscar prioritariamente mayores resistencias. El mortero tiene como principal función la adherencia, por tanto la adhesión fuerte y durable con la unidad de mampostería es su propiedad más importante (Gallegos y Casabonne, 2005).

## II.2. DIFERENTES TIPOS DE MAMPOSTERÍA

### II.2.1. Mampostería no reforzada.

Se considera como mampostería no reforzada aquellas estructuras que carecen de refuerzo (acero); o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias (para los países que tienen normativa al respecto) que debe tener un muro reforzado de mampostería, se componen únicamente de las piezas de mampostería y el mortero (Bartolomé, 1998).

En las estructuras de este tipo, la mampostería se encarga de resistir todas las cargas. Es utilizada comúnmente en países de bajo riesgo sísmico. Sin embargo, la mampostería es un material altamente resistente a la compresión, pero débil ante sollicitaciones de tracción, por lo que este tipo de mampostería debe diseñarse de tal forma que los esfuerzos de tracción sean menores a su resistencia al agrietamiento (Lafuente y Genatios, 2000).

### II.2.2. Mampostería reforzada.

Es conocido que la mampostería es un material altamente resistente a los esfuerzos de compresión, pero su resistencia a esfuerzos de tracción es reducida y frágil. Esta limitación se resuelve en algunos casos con la colocación estratégica de acero de refuerzo, comúnmente conocido como “cabillas” (Castilla, 1998), con la intención de mejorar su resistencia a tracción. La mampostería que presenta acero de refuerzo se conoce como mampostería reforzada. De acuerdo a la colocación del acero se puede clasificar en:

Mampostería armada: Este tipo de sistema se caracteriza por utilizar acero de refuerzo internamente en la mampostería, éste refuerzo está distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) así como en su longitud (refuerzo vertical) (Bartolomé, 1998).

Mampostería confinada: Este sistema es el que tradicionalmente se utiliza en casi toda *Latinoamérica* y en particular en *Venezuela* para la construcción y autoconstrucción de viviendas. Se constituye por muros de mampostería no reforzada enmarcados por elementos que la confinan de concreto armado, la

sección de estos elementos es comúnmente cuadrada para los miembros verticales (machones), y cuadrada o rectangular para los horizontales (vigas de corona), siendo su espesor preferiblemente el del muro (Castilla, 1998).

Los elementos confinantes de concreto armado, que rodean al muro, principalmente cumplen la función de ductilizar el sistema; esto es, para otorgarle capacidad de deformación inelástica, incrementando muy levemente su resistencia (Bartolomé, 1998).

En el caso de la mampostería confinada la interacción entre el cuadro confinante y la pared de mampostería presenta aspectos muy complejos, que no han sido completamente dilucidados, y no existen criterios unificados para su análisis y diseño.

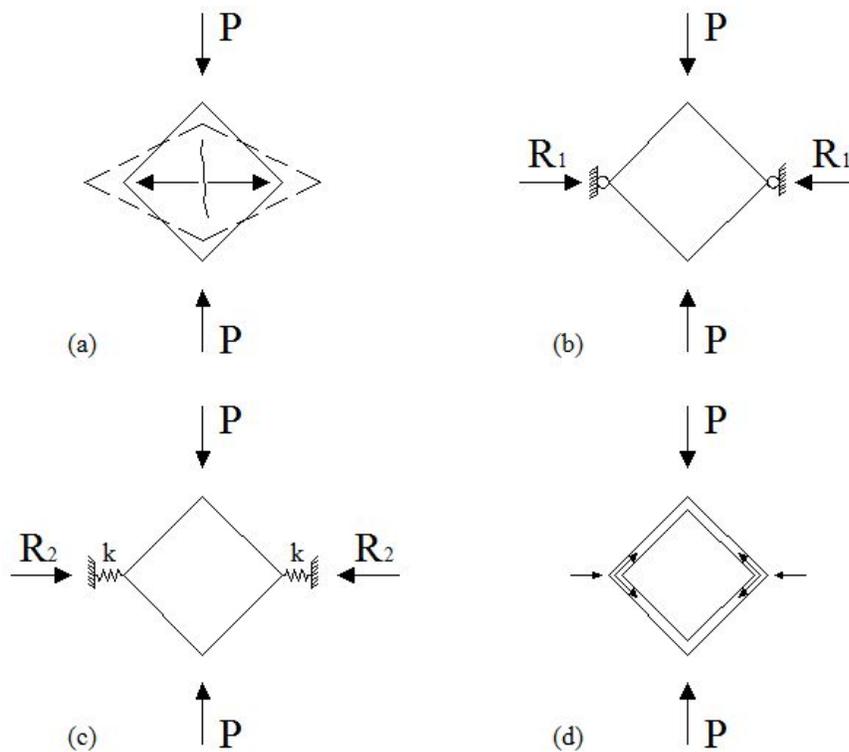
### **II.2.3. Mampostería pretensada.**

Se considera que la mampostería es pretensada cuando se introducen tensores de alta resistencia en los elementos de mampostería no reforzada, para mejorar su funcionamiento. El efecto de la compresión inducida por el acero a la mampostería contrarresta los esfuerzos de tracción que se desarrollan en el sistema, tal como sucede en las estructuras de concreto pretensado. Este tipo de mampostería se diseña para estar libre de tensiones bajo las cargas normales de servicio. En condición última, la mampostería pretensada se comporta similar a la mampostería reforzada internamente (Lafuente y Genatios, 2000).

## **II.3. EFECTO DEL CONFINAMIENTO**

### **II.3.1. Confinamiento.**

El confinamiento de muros de mampostería mediante elementos de concreto armado cumple varias funciones, principalmente retrasar o demorar el agrietamiento diagonal excesivo de los muros y de absorber los esfuerzos de tracción que se generan por la flexión producida por las cargas laterales en el plano de los muros (Castilla, 1991). En la figura II.1 se observa el efecto del confinamiento al absorber las reacciones de tracción indirecta que se generan ante cargas laterales.

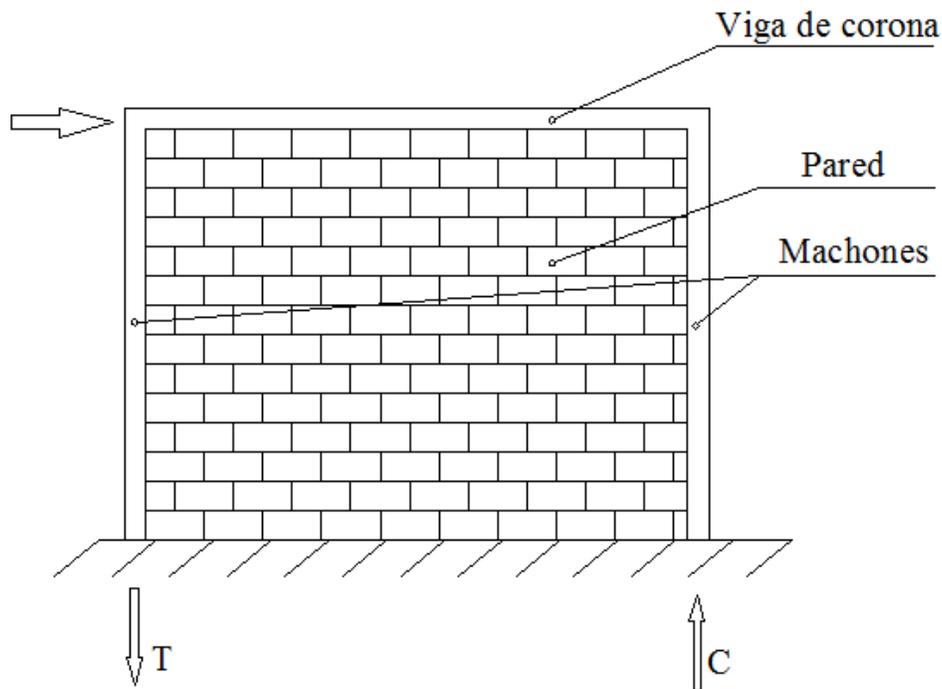


**FIGURA II.1.** a) Se observa elemento sin confinamiento, que puede deformarse transversalmente por el efecto de tracción indirecta. Se genera agrietamiento diagonal, b) Elemento que no puede deformarse por las reacciones que se generan en restricciones laterales, c) Elemento con posibilidad de deformarse, las reacciones por la tracción indirecta son absorbidas por rigidez  $k$  aportada por los resortes, d) Elemento confinado, el confinamiento absorbe las reacciones de tracción indirecta, el desplazamiento transversal es restringido.

**Fuente:** E. Castilla (1991).

### II.3.2. Acción de volcamiento sobre muros de mampostería confinada.

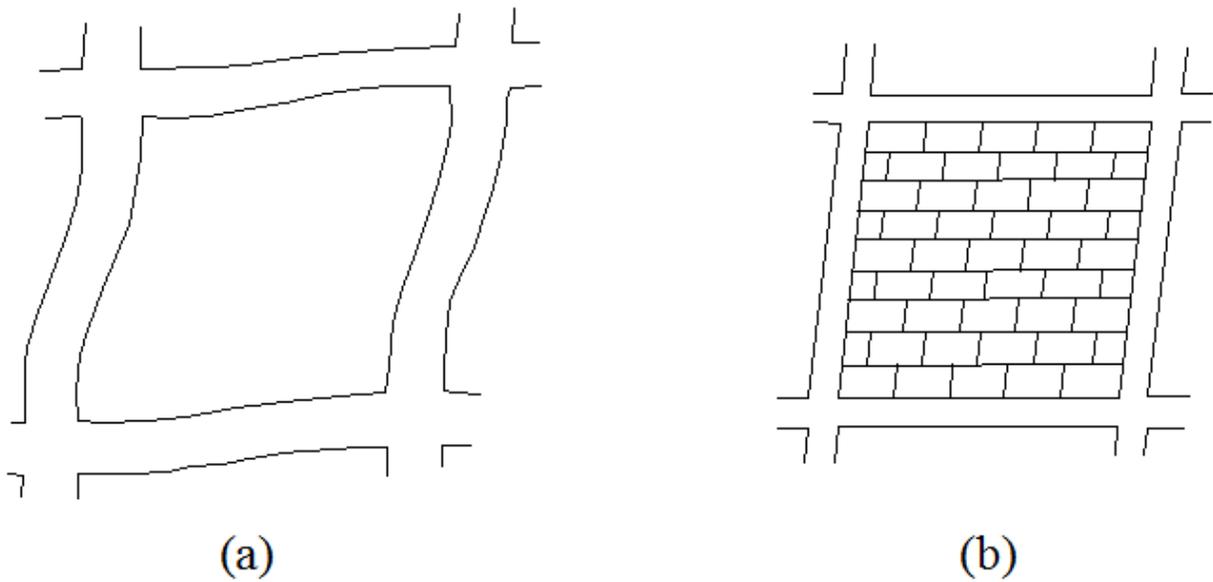
Entre otras de las funciones de los elementos confinantes, está absorber las sollicitaciones de tracción que se producen como consecuencia del momento de volcamiento inducido por la carga lateral. En la figura II.2 se observa los componentes de un muro de mampostería y como los machones resisten el volcamiento generado por acciones laterales al plano del muro.



**FIGURA II.2.** Efecto del confinamiento ante carga lateral.  
**Fuente:** E. Castilla (1991).

### **II.3.3. Diferencia entre el comportamiento de las estructuras aporticadas y las estructuras de mampostería confinada.**

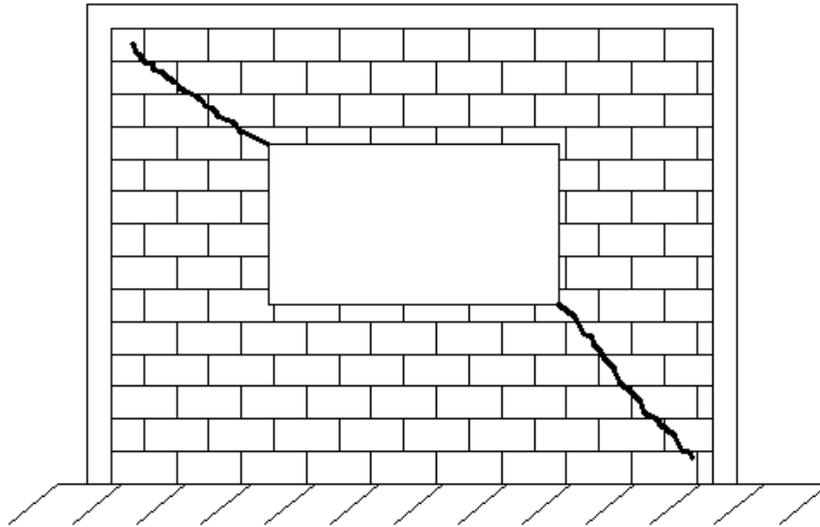
En la mampostería confinada, los elementos de concreto reforzado tienen un comportamiento muy diferente al que tendrían las vigas y columnas en una estructura aporticada, es decir, con deformaciones predominantemente de flexión. Experiencias realizadas anteriormente revelan que al ser sometidos muros confinados a severos ciclos de carga lateral alternante y carga axial constante, se consiguieron patrones de comportamiento donde las deformadas globales de los muros eran de corte (Castilla, 1997). En las estructuras aporticadas la rigidez es aportada principalmente por los elementos de vigas y columnas, en las estructuras de mampostería confinada la rigidez es aportada principalmente por la pared de mampostería y en menor grado por los elementos confinantes. En la figura II.3 se observan las deformadas típicas de estructuras aporticadas y de mampostería confinada.



**FIGURA II.3.** Deformadas típicas de estructuras aporticadas (a) y de estructuras de mampostería confinada (b). **Fuente:** E. Castilla (1997).

#### **II.3.4. Agrietamiento diagonal en mampostería**

La presencia de aberturas en el vano de mampostería como puertas y ventana es una condición desfavorable, dado que proporciona por adelantado una gran grieta. La falta de vaciado con mortero a las juntas verticales de la mampostería también genera un estado de pre-agrietamiento diagonal de los muros. Al someterse a un muro de mampostería a una carga lateral y este presentar una abertura en el vano o juntas verticales de baja calidad el agrietamiento diagonal producto de la tracción indirecta ocurre con mayor facilidad. En la figura II.4 se observa el agrietamiento diagonal típico en un muro de mampostería sometido a carga lateral.



**FIGURA II.4.** Agrietamiento típico en muro de mampostería.  
**Fuente:** E. Castilla (1997).

## II.4. ENSAYOS TÍPICOS DE LA MAMPOSTERÍA

### II.4.1. Ensayo de resistencia a compresión axial de pieza.

Este ensayo se realizará para determinar la resistencia a la compresión de la pieza de mampostería. Para el diseño la norma de mampostería mexicana propone que se tome un valor de resistencia a la compresión  $f_p^*$ , medida sobre el área bruta, que se determinará como el valor que es alcanzado por lo menos en el 98% de las piezas producidas. La resistencia de diseño se calculará por (Norma mexicana NTCM, 2004):

$$f_p^* = \bar{f}_p / (1 + 2,5 c_p)$$

**ECUACIÓN 2.1.**

**Donde:**

$f_p^*$ : Resistencia a compresión de diseño.

$\bar{f}_p$ : Media de la resistencia a compresión de las piezas, referida al área bruta.

$c_p$ : Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

#### II.4.2. Ensayo de resistencia a compresión axial de pila.

La resistencia de diseño a compresión de la mampostería,  $f_m^*$ , sobre área bruta se determinará por el *ensayo de pilas construidas con las piezas y morteros que se emplearán en la obra*. La norma de mampostería mexicana (Norma mexicana NTCM, 2004) propone que las pilas estén conformadas por lo menos por tres piezas de mampostería sobrepuestas (*Ver figura II.5*). La relación de altura a espesor de la pila estará comprendida entre dos y cinco; las pilas se ensayarán a los 28 días de edad. La determinación se hará en un mínimo de nueve pilas en total. El esfuerzo medio obtenido se multiplicará por un factor de corrección que varían de acuerdo a la normativa de ensayo de cada país.

La resistencia de diseño a compresión se calculará con la siguiente formulación (Norma mexicana NTCM, 2004):

$$f_m^* = \bar{f}_m / (1 + 2,5 c_m)$$

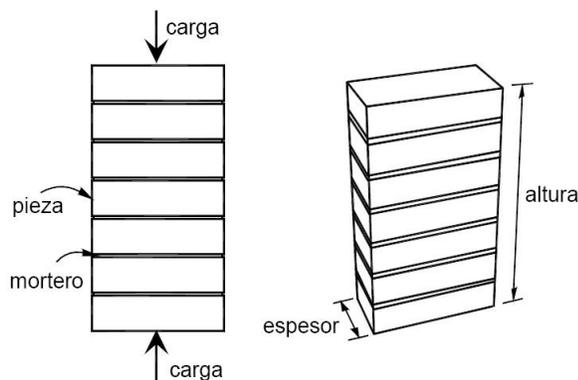
**ECUACIÓN 2.2.**

**Donde:**

$f_m^*$ : Resistencia a la compresión de la mampostería.

$\bar{f}_m$ : Media de la resistencia a compresión de las pilas, corregidas por su relación de altura a espesor, referida a su área bruta.

$c_m$ : Coeficiente de la variación de la resistencia a compresión de las pilas de mampostería, que en ningún caso se tomará inferior a 0,15.



**FIGURA II.5.** Ensayo de pilas de mampostería.

**Fuente:** Norma mexicana NTCM (2004).

### II.4.3. Ensayo de compresión diagonal.

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o la resistencia a la tracción diagonal es, probablemente, el de corte o compresión diagonal (Ver: Figura II.6). Según la normativa mexicana de mampostería la resistencia de diseño a la tracción diagonal se denomina  $v_m^*$ , se toma según el área bruta de la diagonal, consiste en un *ensayo de los muretes con las piezas y morteros que se emplearán en la obra*, los muretes tendrán al menos una vez y media la longitud de la pieza y el número de hiladas para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. Los muretes se ensayarán sometiéndolos a una carga de compresión monótona creciente a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se determinará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida sobre la misma diagonal. Los muretes se ensayan a la edad de 28 días. La resistencia de diseño a compresión diagonal,  $v_m^*$ , será igual:

$$v_m^* = \bar{v}_m / (1 + 2,5 c_v)$$

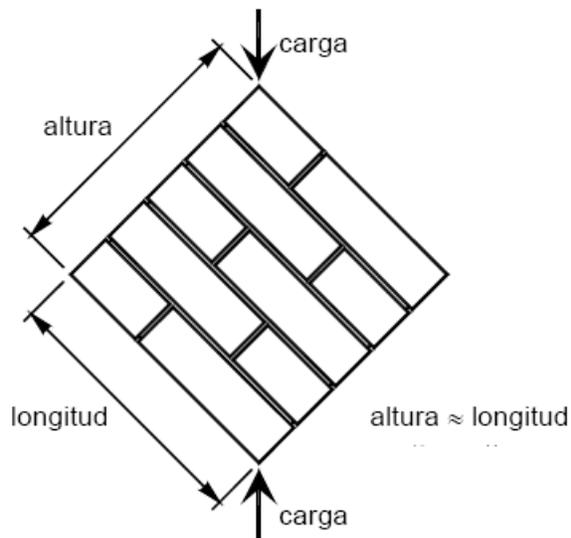
**ECUACIÓN 2.3.**

**Donde:**

$\underline{v}_m^*$ : Resistencia de diseño a compresión diagonal.

$\bar{v}_m$ : Media de la resistencia a compresión diagonal de muretes, sobre área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga.

$C_v$ : Coeficiente de la variación de la resistencia a compresión de diagonal de muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0,20.



**FIGURA II.6.** Ensayo a compresión diagonal de murete de mampostería.  
**Fuente:** Norma mexicana NTCM (2004).

#### II.4.4. Ensayos cíclicos.

La propiedad más importante de los muros de mampostería en zonas sísmicas es su forma de respuesta a las acciones dinámicas una vez que han abandonado el rango elástico. El ensayo cíclico mediante el que se simula este tipo de acción requiere de complejos sistemas de carga, dado que éste debe aplicarse con deformación controlada, y, normalmente, de equipos electrónicos para recoger la información. Básicamente este tipo de ensayo consiste en aplicar al muro de mampostería cargas laterales alternantes.

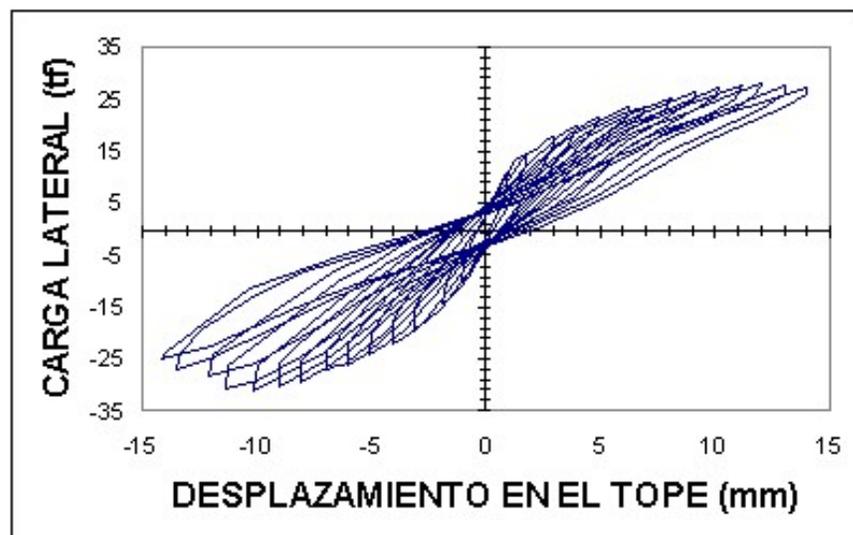
El objetivo del ensayo es determinar diversos parámetros asociados con el comportamiento cíclico en la etapa inelástica. Estos parámetros incluyen:

- Ductilidad disponible.
- La degradación de la resistencia.
- La degradación de la rigidez.
- El índice de disipación de energía.
- Tipo de falla.

Durante el proceso de carga se construye el diagrama histerético del muro ensayado del cual puede determinarse los parámetros anteriores (Gallegos, 1989). En la figura II.7 se observa la configuración típica de un ensayo dinámico de cargas alternantes para un muro de mampostería, en la figura II.8 se observa el diagrama de histéresis completo resultante para de un muro sometido a ensayo dinámico de cargas laterales alternantes y crecientes.



**FIGURA II.7.** Ensayo dinámico de cargas laterales alternantes, realizado en la nave de ensayos especiales del IMME.  
**Fuente:** Marinilli (2007).



**FIGURA II.8.** Diagrama histerético completo.  
**Fuente:** Marinilli (2007).

## II.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE DISTINTOS TIPOS DE MAMPOSTERÍA.

### II.5.1. Valores típicos de la resistencia a compresión de la mampostería en Venezuela.

A través de numerosos ensayos hechos en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) sobre bloques y muretes de mampostería, se logró caracterizar los valores de  $f'm$  para el tipo de mampostería que pudiera utilizarse en Venezuela, los cuales se muestran en la tabla II.1. En todos los casos el mortero de pega usado tuvo una relación volumétrica de 4:1:1 (Partes de arena, cal y cemento respectivamente).

**TABLA II. 1. Valores Promedio de  $f'm$  para Venezuela**

<b>Tipo de Mampostería</b>	<b><math>f'm</math> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Bloques huecos de arcilla	15 a 20
Bloques de concreto estructurales	50 a 80
Bloques de concreto de menor calidad	20 a 30
Ladrillos macizos de arcilla de mejor calidad	150 a 160
Ladrillos macizos de arcilla de menor calidad	80 a 100

**Fuente:** Castilla (1997)

### II.5.2. Módulo de elasticidad y de corte para la mampostería.

A continuación se muestran en distintas tablas las propuestas de diferentes normativas para la determinación del módulo de elasticidad de la mampostería ( $E_m$ ) y el módulo de corte de la mampostería ( $G_m$ ):

#### a. Según Manual de aplicación de las normas para estructuras sismorresistentes del año 1984 (Grases, López y Hernández):

En la tabla II.2. Se muestran los valores de módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y módulo de corte para la mampostería ( $G_m$ ) según Manual de Aplicación de normas para estructuras sismorresistentes de Venezuela (Grases, López y Hernández, 1984):

**TABLA II. 2. Valores de módulo de elasticidad y corte según manual de aplicación de normas para estructuras sismorresistentes de Venezuela.**

	<b>Em</b>	<b>Gm</b>
<b>Cargas de corta duración</b>	$Em = 400f'm$	$Gm = 0,4Em$
<b>Cargas sostenidas</b>	$Em = 250f'm$	$Gm = 0,3Em$

**b. Según Norma Técnica E. 070 Albañilería de Perú (2006):**

En la tabla II.3. Se muestran los valores de módulo de elasticidad (Em) y módulo de corte para la mampostería (Gm) según la Norma Técnica E. 070 Albañilería de Perú (2006).

**TABLA II. 3. Valores de módulo de elasticidad y corte según norma técnica E.070 albañilería de Perú.**

<b>Elementos</b>	<b>Expresión</b>
Unidades de Arcilla	$Em = 500f'm$
Unidades Sílico - Calcáreas	$Em = 600f'm$
Unidades de concreto vibrado	$Em = 700f'm$
Para todo tipo de albañilería	$Gm = 0,4Em$

**c. Según Norma Mexicana (NTCM, 2004):**

En la tabla II.4. Se muestran Valores de módulo de elasticidad (Em) y módulo de corte para la mampostería (Gm) según la Norma Mexica NTCM (2004):

**TABLA II. 4 Valores de módulo de elasticidad y corte según Norma Mexicana.**

<b>Mampostería de tabiques y bloques de concreto</b>	
Cargas de corta duración	$Em = 800f'm$
Cargas sostenidas	$Em = 350'm$
<b>Mampostería de tabiques de barro y otras piezas, excepto concreto</b>	
Cargas de corta duración	$Em = 600f'm$
Cargas sostenidas	$Em = 350'm$
<b>Módulo de cortante</b>	
$Gm = 0,4Em$	

## II.6. ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS

El análisis dinámico consiste en el estudio de deformaciones y oscilaciones de las estructuras a partir de una posición inicial de equilibrio. Las variables dinámicas fundamentales son la rigidez (**K**), el amortiguamiento (**C**) y la masa (**M**) de la estructura.

### II.6.1. Definición de rigidez en el rango elástico.

Para estructuras con comportamiento lineal, la fuerza elástica se define como el producto de la rigidez lateral por el desplazamiento de la estructura (Chopra, 1980).

$$F = K \cdot U$$

**ECUACIÓN 2.4.**

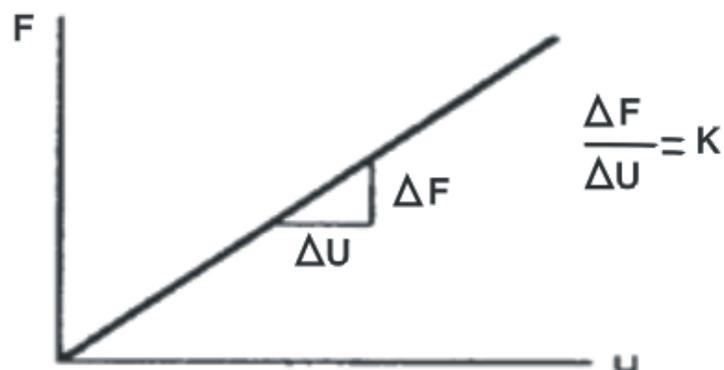
**Donde:**

F = Fuerza elástica

K= Rigidez lateral

U= Desplazamiento

La pendiente de la recta fuerza elástica vs desplazamiento, representa el valor de la rigidez, la cual no se degrada por tratarse del rango elástico.

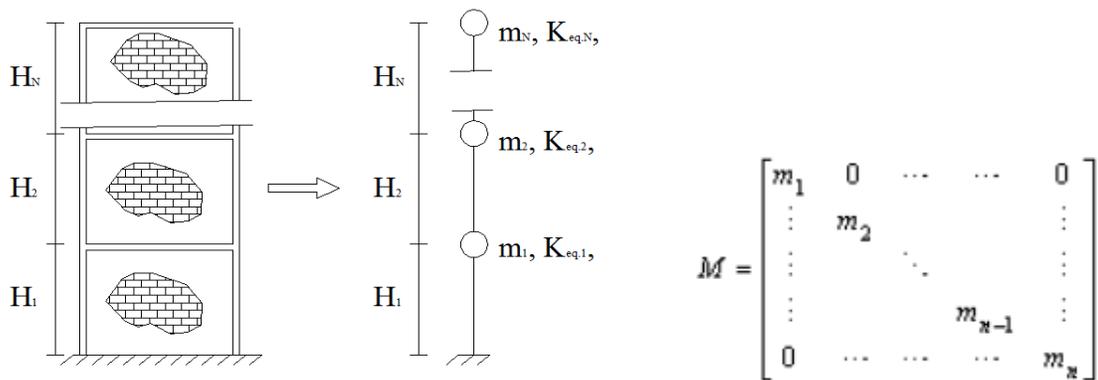


**FIGURA II.9.** Fuerza aplicada en función del desplazamiento.  
F = Fuerza elástica; U= Desplazamiento; K = Rigidez. **Fuente:** Chopra (1980).

## II.7. MODELOS DE MASA DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

### II.7.1. Modelo de masa diagonal.

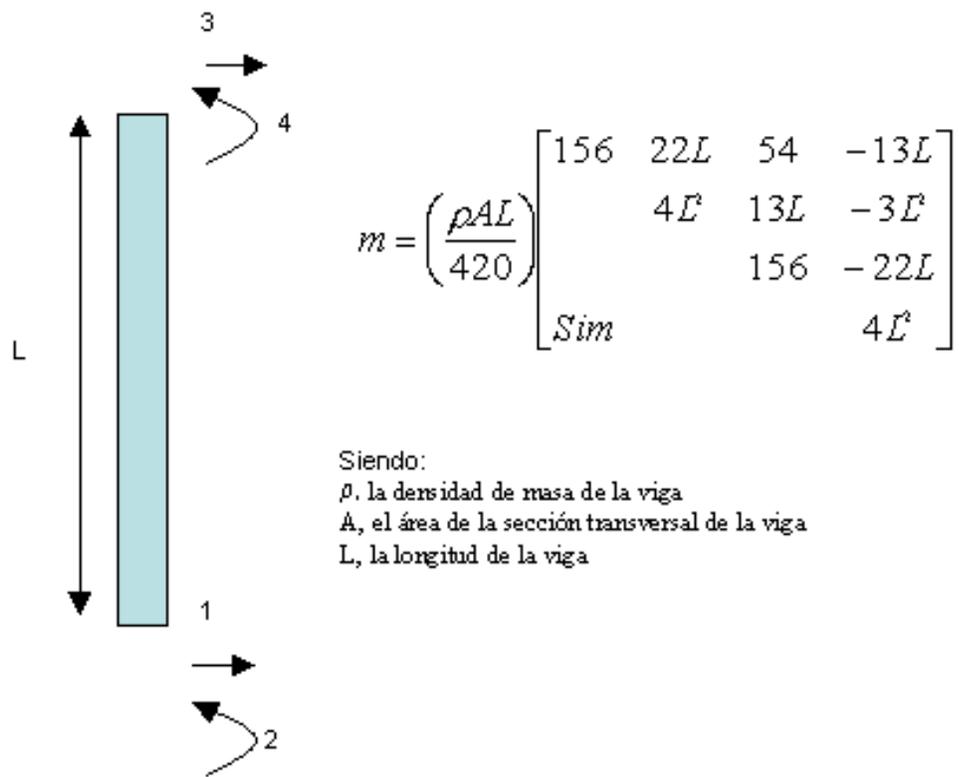
Es el modelo más sencillo y el más utilizado para el cálculo de estructuras. Toma en cuenta el peso total de la losa y la mitad de la pared, considera que la masa del sistema está concentrada en cada una de las losas (Garcés, 2005). En la figura II.10 se observa una estructura de mampostería confinada con modelo equivalente ideal de un grado de libertad dinámico por piso y la matriz de masa diagonal correspondiente a dicho modelo.



**FIGURA II.10.** Estructura de mampostería confinada con modelo equivalente y matriz de masa diagonal del modelo.

### II.7.2. Modelo de masas consistentes.

La estructura es modelada como una viga tipo voladizo (*cantilever*), que a partir de su definición tiene 3 grados de libertad por nodo. En este caso la estructura de muro se considera un voladizo de  $N$  pisos, la matriz de masa del sistema se ensambla de acuerdo a la contribución de cada sección de viga por piso, la cual será reducida a los grados de libertad traslacionales usando el método de reducción dinámica de Guyan (Garcés, 2005).



**FIGURA II.11.** Elemento viga con su respectiva matriz de masa.  
**Fuente:** Garcés (2005)

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

En este capítulo se presenta y desarrolla la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos planteados en el trabajo de grado. Se establecen distintas etapas de la investigación, las cuales se explican y desarrollan detalladamente.

#### **III.1. ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN.**

El presente trabajo de grado se estructuró siguiendo una serie de etapas y procesos con la finalidad de cumplir los objetivos planteados. Se desarrollaron cuatro (04) etapas que se describen a continuación.

La primera etapa consistió en la revisión de bibliografía técnica y antecedentes sobre investigaciones realizadas en el campo de la mampostería confinada. Con la finalidad de hallar los valores característicos del comportamiento mecánico de este tipo de estructuras.

La segunda etapa consistió en la descripción de la simulación en elementos finitos. Se realizan los modelos computacionales de acuerdo al modelo básico y las propiedades mecánicas de los materiales, se definen el tipo de elementos finitos utilizados para el modelo y las restricciones asignadas al mismo. Se define el modelo de masas del modelo y se le aplican fuerzas puntuales externas.

La tercera etapa consistió en el estudio de los modelos computacionales y su clasificación. Para el estudio se hallan los valores del Período de vibración principal de la estructura y su matriz de rigidez. Los modelos se clasifican de acuerdo a su geometría: Número de pisos, Número de vanos, Altura por piso y relación de aspecto (H/L).

La cuarta etapa consistió en el cálculo de la masa dinámica traslacional equivalente y de la fracción de masa participativa del muro por nivel, en función del número de pisos y su relación de aspecto.

### III.1.1. ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Se hizo una revisión de la bibliografía técnica nacional y extranjera que trata el tema de la mampostería confinada, con la finalidad de encontrar los valores característicos de las propiedades mecánicas a utilizar para modelar estructuras de mampostería confinada.

#### III.1.1.1. Definición de los materiales y sus propiedades mecánicas.

Los materiales utilizados fueron el concreto armado para los elementos confinantes y el bloque de concreto como elemento para la pared de mampostería, cuyas propiedades mecánicas se asignaron del estudio de la bibliografía técnica. Para el concreto armado se definió su resistencia a compresión ( $f'c$ ), su módulo de elasticidad ( $E_c$ ) y peso por unidad de volumen. En el caso de la mampostería se definió de igual forma su resistencia compresión ( $f'm$ ), su módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y peso estimado por unidad de área.

El módulo de elasticidad y corte del concreto se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones:

$$E_c = 15100\sqrt{f'c} \quad \text{ECUACIÓN 3.1.}$$

$$G_c = 0,4E_c \quad \text{ECUACIÓN 3.2.}$$

El módulo de elasticidad y corte de la mampostería se calcularon utilizando las siguientes ecuaciones:

$$E_m = 500f'm \quad \text{ECUACIÓN 3.3.}$$

$$G_m = 0,4E_m \quad \text{ECUACIÓN 3.4.}$$

Los valores para cada una de las propiedades mecánicas asignada a los elementos de los modelos, se observan en la siguiente tabla:

**TABLA III. 1 Principales propiedades mecánicas utilizadas en los modelos de la mampostería confinada.**

Elemento	Material	f'c (Kgf/cm <sup>2</sup> )	f'm (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Ec (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Em (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Gc	Gm	Módulo de poisson
Machones	Concreto Armado	200	-	213546	-	0,4Ec	--	0,3
Viga de corona	Concreto Armado	200	-	213546	-	0,4Ec	--	0,3
Mampostería	Bloques de concreto	-	80	-	40000		0,4Em	0,3

Para la mampostería de bloques de concreto de 15 cm de espesor y sin friso se definió un valor de peso por unidad de área de 210 Kgf/m<sup>2</sup> (Según Norma Venezolana COVENIN-MINDUR 2002-88, Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones)

Para el concreto se definió un valor de peso por unidad de volumen de 2500 Kgf/m<sup>3</sup>.

**TABLA III. 2 Peso por unidad de volumen y área de elementos de la mampostería confinada.**

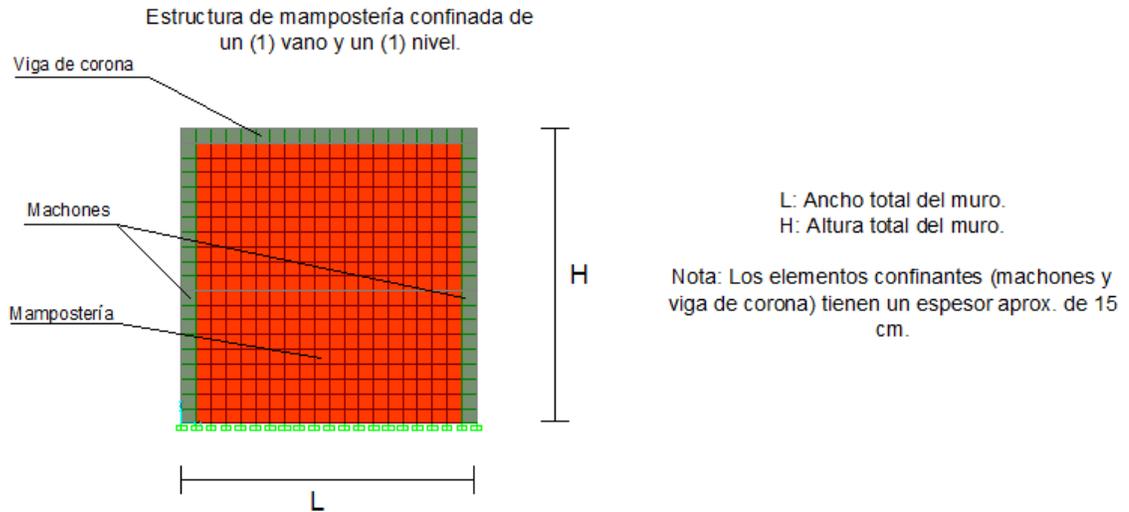
Material	Peso por unidad de volumen (Kgf/m <sup>3</sup> )	Peso por unidad de área (Kgf/m <sup>2</sup> )
Concreto armado	2500	---
Mampostería (Bloque de concreto – e =15 cm)	---	210

### III.1.2. ETAPA 2: DESCRIPCIÓN DE LA SIMULACIÓN EN ELEMENTOS FINITOS.

En esta etapa de la investigación se realiza una descripción de los modelos de muros de mampostería que se simulan utilizando el programa de elementos finitos SAP 2000 (Computers and Structures Inc, 2009).

#### III.1.2.1. Descripción del modelo.

El modelo básico de estudio consiste en un muro de mampostería confinada, donde se identifican los elementos confinantes de concreto armado (machones y viga de corona) y la pared de mampostería, tal como se observa en la figura III.1.



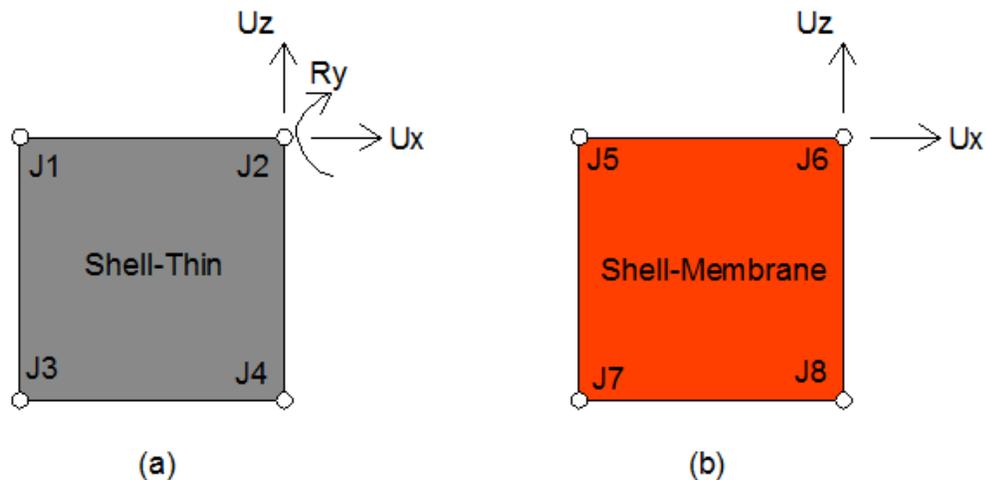
**FIGURA III.1.** Muro de mampostería con sus elementos principales.

Para la simulación se utilizó el elemento de área tipo SHELL, este elemento es capaz de tener un comportamiento de membrana y placa, o cada uno por separado. En el caso de los elementos confinantes de concreto armado se utilizó el elemento de área SHELL-THIN. El mismo posee tres (3) grados de libertad en su plano, dos (2) traslaciones y una (1) rotación, siendo posible la trasmisión de fuerzas y momentos (Ver: Figura III.2.a). Se utilizó el elemento SHELL-THIN plano cuadrilátero con aproximadamente 15 cm de lado y espesor.

Para la simulación de los elementos correspondientes a la pared de mampostería se utilizó el elemento de área tipo SHELL-MEMBRANE. Este elemento posee dos (2) grados de libertad de desplazamiento en su plano, las rotaciones están liberadas por lo que no puede transmitir momento, sólo fuerzas. La matriz de rigidez de este tipo de elementos queda en función de su módulo de elasticidad y su área según el manual de aplicación del programa SAP 2000 (Hernández, E., 2010) (Ver: Figura III.2.b). Se utilizó un elemento SHELL-MEMBRANE plano cuadrilátero aproximadamente 15 cm de lado y espesor.

Se parte de la condición de que los elementos confinantes no le transmiten momento al paño de mampostería (Garcés, 2008).

En la sección III.1.4.2 Se estudió la sensibilidad del modelo de Rigidez asumido sobre los estudios de fracción de masa participativa del muro de mampostería. Se consideraron los modelos que incorporan el comportamiento real de una estructura de mampostería confinada: Al comparar estos modelos más refinados (Olbrich y Páez, 2010) con el modelo base asumido en este trabajo, se decidió éste debido a la poca diferencia en la comparación de los resultados obtenidos entre el modelo base y el modelo más refinado.



**FIGURA III.2.** Elementos de área utilizados para el modelo de muro de mampostería confinada en SAP 2000.

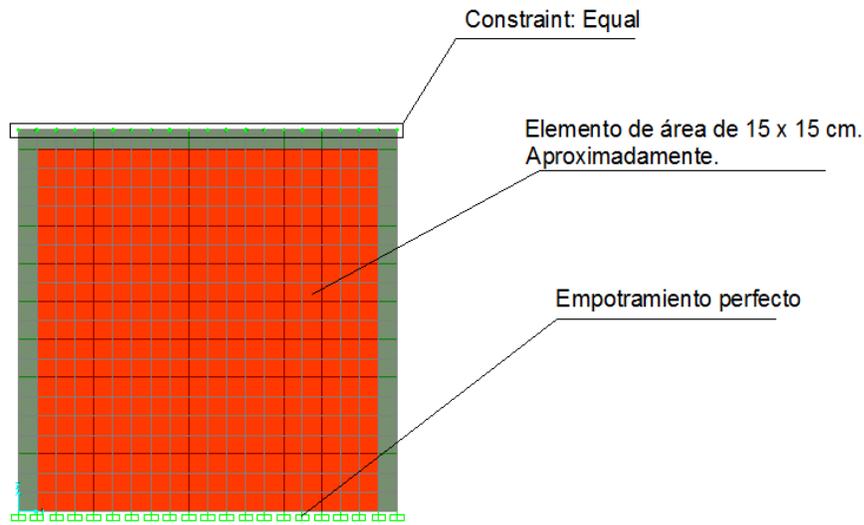
### III.1.2.2. Definición de las restricciones del modelo.

Para modelar el muro de mampostería se utilizaron dos tipos de restricciones: El “restraint” tipo “empotramiento perfecto” y el “constraint” tipo “equal” (Computers and Structures Inc, 2009).

A todos los nodos de la base del muro de mampostería se le asignó la restricción de “empotramiento perfecto”, que impide los desplazamientos y rotaciones en todas las direcciones.

De acuerdo a la recomendación de Garcés (2004) se establece que al colocar desplazamientos iguales en el tope de la estructura la variación del período de vibración no difiere en más de 2% comparándola con la condición sin restricciones. Por eso se le asignó a los nodos del sistema de entrepiso el “constraint” tipo “equal”,

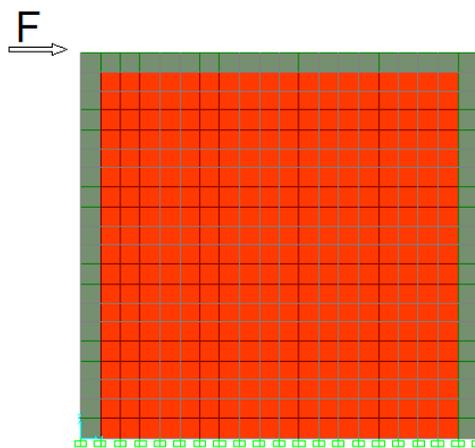
que reduce el grado de libertad del conjunto de nodos, asignándoles el mismo desplazamiento horizontal.



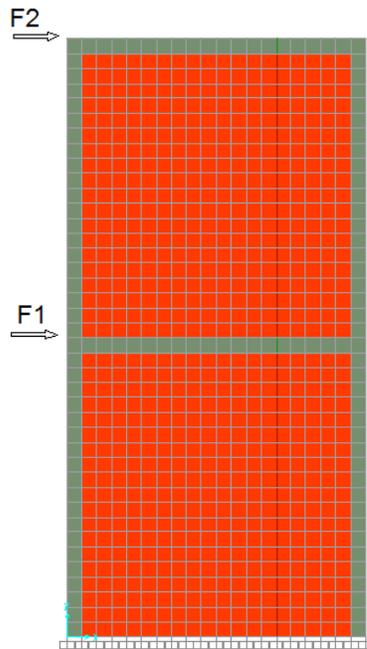
**FIGURA III.3.** Descripción de restricciones del modelo.

### III.1.2.3. Asignación de fuerzas laterales por nivel.

Se asignaron fuerzas laterales puntuales y externas por nivel, para la posterior verificación de las deformaciones producidas por estas fuerzas y la estimación de la matriz de rigidez de la estructura. Se observa en la figura III.4 la asignación de una única fuerza lateral en el tope de la estructura de un nivel. Para el caso de estructuras de dos niveles se puede observar en la figura III.5 la asignación de fuerzas laterales aplicadas en el nodo correspondiente al tope superior izquierdo de la viga de corona de cada nivel



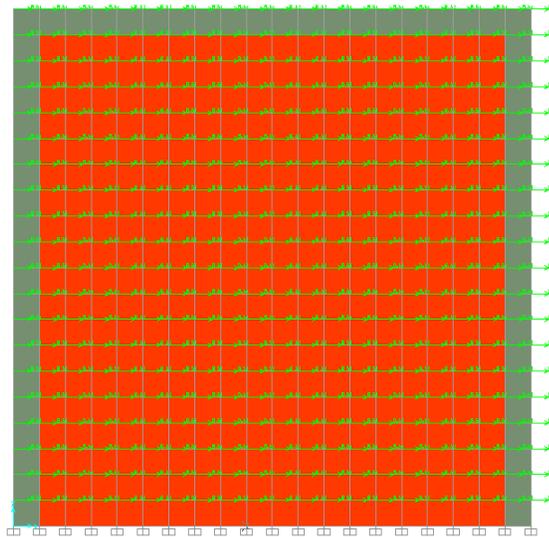
**FIGURA III.4.** Fuerza lateral asignada en el tope del muro de mampostería.



**FIGURA III.5.** Fuerzas laterales asignadas por nivel al muro de mampostería.

#### III.1.2.4. Asignación de masa del modelo.

La asignación de la masa se realiza considerando que la masa del muro es igualmente distribuida en todos los nodos de la estructura. Se asigna por nodo un valor de masa traslacional en la dirección X, exceptuando los nodos de la base del modelo, tal como se observa en la figura III.6.



**FIGURA III.6.** Asignación de la masa del muro por nodo.

Se establece una relación entre la masa total (Mt) y la masa del muro (Mm). Entendiendo que la masa total (Mt) es la suma de la masa adicional (Ma) y la masa del muro (Mm). La masa adicional (Ma) es la que corresponde a la masa de la losa y cargas adicionales, se asigna por nivel a los nodos del sistema de entrepiso.

Para los *modelos base* la relación entre la masa total y la masa del muro es igual a uno ( $Mt/Mm = 1$ ).

Para cada *modelo base* se varía el valor de la masa adicional (Ma) de acuerdo a la siguiente relación.

**TABLA III. 3. Asignación de masa adicional en función de la masa del muro.**

<b>Modelo</b>	<b>Mt/Mm</b>	<b>Ma</b>
Base	1	0
1	1,5	0,5 Mm
2	2	Mm
3	2,5	1,5 Mm
4	3	2 Mm
5	3,5	2,5 Mm

**Donde:**

Mt: Masa total (Masa del muro + Masa adicional).

Ma: Masa adicional.

Mm: Masa del muro.

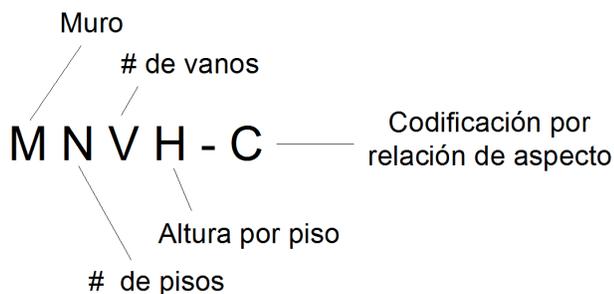
La masa adicional para cada *modelo base* se asigna de forma distribuida en los nodos correspondientes al sistema de entrepiso de cada nivel.

**III.1.3. ETAPA 3: ESTUDIO DE LOS MODELOS COMPUTACIONALES.**

En esta parte de la investigación los modelos computacionales tienen asignada todas las propiedades mecánicas y geométricas, para su estudio se realiza la simulación numérica y se obtienen los valores correspondientes a desplazamientos (producidos por fuerzas laterales y desplazamientos modales) y períodos de vibración.

### III.1.3.1. Definición geométrica y clasificación de los *modelos base*.

Todos los modelos estudiados se clasifican en función de su número de pisos, número de vanos, altura por piso y su relación de aspecto. Se utilizó la siguiente nomenclatura:



**FIGURA III.7.** Nomenclatura para clasificación de los modelos.

La codificación para la nomenclatura utilizada según la relación de aspecto (H/L) de los distintos modelos se muestra en las siguientes tablas:

**TABLA III. 4 Clasificación de los modelos en función de la relación de aspecto.**

Codificación según relación de aspecto H/L.	Relación de aspecto por vano.	
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>
1	0,5	0,5
2	0,75	0,75
3	1	1
4	1,25	1,25
5	1,5	1,5
6	2	2

**TABLA III. 5 Clasificación de los modelos en función de la relación de aspecto (Variando relación de aspecto).**

Codificación según relación de aspecto H/L.	Relación de aspecto por vano.	
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>
C1	1	0,5
C2	1	0,75
C3	1	1
C4	1	1,25
C5	1	1,5
C6	1	2

**Donde:**

H: Altura del muro por nivel.

L<sub>1</sub>: Ancho del primer vano del muro.

L<sub>2</sub>: Ancho del segundo vano del muro.

Por ejemplo para un muro de un nivel, un vano, altura H=3m y relación de aspecto H/L=1 la nomenclatura a utilizar sería M113-1.

Para un muro de dos niveles, dos vanos, altura H=4m, donde la relación de aspecto del primer vano es H/L<sub>1</sub>=1 y la del segundo vano es H/L<sub>2</sub>= 0,75, la nomenclatura a utilizar para dicho muro es M224-C2.

En los anexos pueden observarse con más detalle los distintos muros modelados con sus relaciones geométricas.

**III.1.3.2. Estimación de la matriz de rigidez.**

A continuación se presenta la forma en que se obtiene la matriz de rigidez para los distintos modelos.

En el caso de muros de mampostería de un solo nivel la rigidez lateral se calcula según lo estudiado en la sección II.6.1. Utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{F}{U}$$

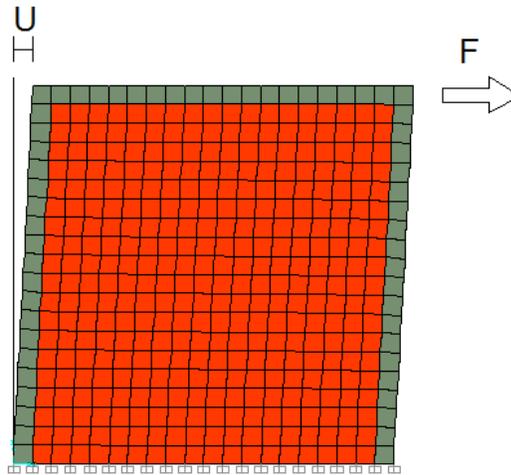
**ECUACIÓN 3.5.****Donde:**

K: Rigidez lateral

F: Fuerza lateral aplicada en el tope del muro.

U: Desplazamiento lateral del tope del muro.

La fuerza lateral es la asignada según la sección III.1.2.3. El desplazamiento lateral es el generado por esta fuerza, se toma de cualquiera de los nodos del tope de la estructura. Debido a la restricción "equal" todos tienen el mismo desplazamiento lateral.



**FIGURA III.8.** Simulación de muro de mampostería con deformación resultante.

Para el caso de estructuras de mampostería de dos niveles se asignaron fuerzas laterales por nivel. Luego de realizar la simulación se toman los desplazamientos generados por estas fuerzas en cada nivel, para construir la matriz de flexibilidad.

$$F = \begin{matrix} & \text{Matriz de Flexibilidad} & \\ \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{bmatrix} & & \end{matrix}$$

**FIGURA III.9.** Matriz de flexibilidad

Donde:

- $f_{11}$ : Desplazamiento del tope del nivel 1, generado por fuerza aplicada en nivel 1.
- $f_{21}$ : Desplazamiento del tope del nivel 2, generado por fuerza aplicada en nivel 1.
- $f_{12}$ : Desplazamiento del tope del nivel 1, generado por fuerza aplicada en nivel 2.
- $f_{22}$ : Desplazamiento del tope del nivel 2, generado por fuerza aplicada en nivel 2.

Una vez obtenida la matriz de flexibilidad, se calcula la inversa de esta matriz y se construye la matriz de rigidez del sistema. Se conoce que la inversa de la matriz de la flexibilidad es la matriz de rigidez.

$$F^{-1} = K = \begin{matrix} & \text{Matriz de Rigidez} & \\ \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} & & \end{matrix}$$

**FIGURA III.10.** Matriz de rigidez del sistema a partir de la matriz de flexibilidad.

### III.1.4. ETAPA 4: ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE MASA PARTICIPATIVA DEL MURO POR NIVEL.

En esta etapa ya se conocen los resultados de la simulación, expresados en los valores de período de vibración y desplazamientos, tanto modales como los generados por fuerzas laterales. Con los desplazamientos generados por las fuerzas laterales se calcula la matriz de rigidez. Sólo resta calcular la masa dinámica equivalente por piso y la fracción de masa participativa para cada nivel que es el objeto de esta etapa.

#### III.1.4.1. Cálculo de masa dinámica y fracción de masa participativa del muro.

Para las estructuras de mampostería de un nivel una vez obtenida la rigidez lateral, se obtiene su período de vibración principal. Se conoce la siguiente ecuación:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

**ECUACIÓN 3.6.**

**Donde:**

M: Masa total (Masa del muro + Masa adicional)

K: Rigidez lateral.

$\omega$ : Frecuencia de vibración.

A partir de la ecuación anterior se obtiene el valor de la fracción de masa participativa del muro, con la siguiente ecuación:

$$X = \frac{\left( \left( \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2 * K \right) - Ma \right)}{Mm}$$

**ECUACIÓN 3.7.**

**Donde:**

X: Fracción de masa participativa del muro

T: Período de vibración de la estructura.

K: Rigidez lateral.

M<sub>a</sub>: Masa adicional asignada en el tope.

M<sub>m</sub>: Masa del muro, es una constante.

La masa adicional y masa del muro son datos conocidos que fueron asignados previamente antes de hacer la simulación del modelo. La ecuación puede escribirse también de la siguiente manera:

$$X = \frac{\left(\frac{K}{\omega^2}\right) - M_a}{M_m}$$

**ECUACIÓN 3.8.**

**Donde:**

X: Fracción de masa participativa del muro

ω: Frecuencia de vibración.

K: Rigidez lateral.

M<sub>a</sub>: Masa adicional asignada en el tope.

M<sub>m</sub>: Masa del muro, es una constante.

Para estructuras de mampostería de dos niveles, una vez obtenida la matriz de rigidez según la sección III.1.3.3., el período de vibración principal y sus respectivas coordenadas modales por nivel, se obtienen las formulaciones correspondientes a la respuesta dinámica resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$(\mathbf{K} - \omega^2 \mathbf{M})\phi = 0$$

**ECUACIÓN 3.9.**

**Donde:**

**K**: Matriz de rigidez de la estructura.

**M**: Matriz de masa de la estructura.

ω: Frecuencia de vibración de la estructura.

φ: Vector de coordenadas modales de la estructura.

Este sistema se puede escribir como:

$$\left( \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} - \omega_1^2 \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} \Phi_1^1 \\ \Phi_1^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

**ECUACIÓN 3.10.**

A partir de la ecuación 3.9, introduciendo los valores de las matrices **K** y **M**, se obtienen las ecuaciones para el cálculo de la masa dinámica equivalente de la estructura por nivel:

$$m_1 = \frac{(K_{11} * \phi_1^1) + (K_{12} * \phi_1^2)}{\omega_1^2 * \phi_1^1}$$

**ECUACIÓN 3.11.**

$$m_2 = \frac{(K_{21} * \phi_1^1) + (K_{22} * \phi_1^2)}{\omega_1^2 * \phi_1^2}$$

**ECUACIÓN 3.12.**

**Donde:**

$m_1$ : Masa dinámica traslacional equivalente de la estructura para el nivel 1.

$m_2$ : Masa dinámica traslacional equivalente de la estructura para el nivel 2.

$K_{nm}$ : Componente de la fila "n" y columna "m" de la matriz de rigidez de la estructura.

$\phi_a^n$ : Coordenada modal para el modo "a" del nivel "n".

$\omega_a$ : Frecuencia de vibración de la estructura para el modo "a".

Una vez hallada la masa dinámica por nivel, se calcula la fracción de masa participativa del muro por nivel con las siguientes ecuaciones:

$$X_1 = \frac{m_1 - M_{a1}}{Mm}$$

**ECUACIÓN 3.13.**

**Donde:**

$X_1$ : Fracción de masa participativa del muro para nivel 1.

$m_1$ : Masa dinámica equivalente de la estructura para el nivel 1.

$M_{a1}$ : Masa adicional asignada al tope de la estructura en el nivel 1.

$Mm$ : Masa total del muro.

$$X_2 = \frac{m_2 - M_{a2}}{Mm}$$

**ECUACIÓN 3.14.**

**Donde:**

$X_2$ : Fracción de masa participativa del muro para nivel 2.

$m_2$ : Masa dinámica equivalente de la estructura para el nivel 2.

$M_{a2}$ : Masa adicional asignada al tope de la estructura en el nivel 2.

$Mm$ : Masa total del muro.

Una vez calculada la fracción de masa participativa para los muros con distintas relaciones de aspecto (H/L) y relaciones de masas ( $Mt/Mm$ ). Se calcula el porcentaje de diferencia entre los valores de fracción de masa participativa de muros con la misma relación de masas ( $Mt/Mm$ ), número de pisos y vanos, a fin de establecer la magnitud de la variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de aspecto (H/L). Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\%Diferencia = \frac{X_{(H/L=2)} - X_{(H/L=0,5)}}{X_{(H/L=0,5)}} * 100$$

**ECUACIÓN III.15.**

**Donde:**

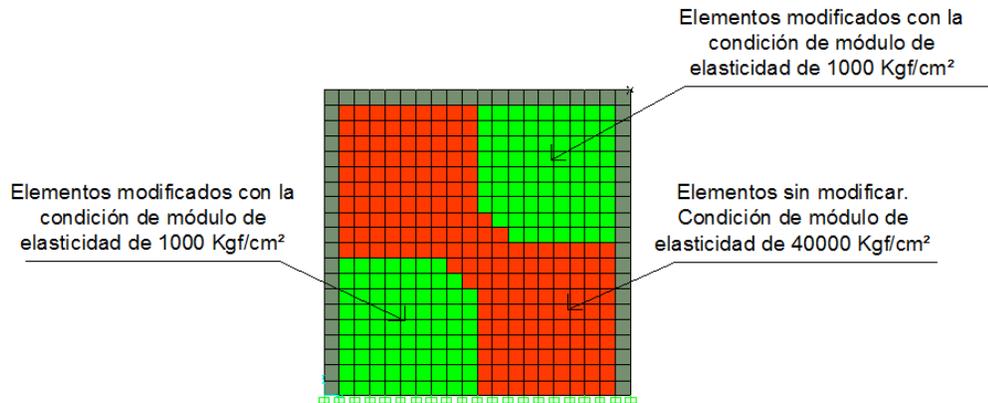
$X_{(H/L=0,5)}$ : Fracción de masa participativa del muro para relación de aspecto H/L=0,5.

$X_{(H/L=2)}$ : Fracción de masa participativa del muro para relación de aspecto H/L=2.

**III.1.4.2. Comparación entre modelos de distintas rigideces.**

Se hizo una comparación entre dos modelos de muros de mampostería de distintas rigideces, para evaluar la diferencia entre los valores de la fracción de masa participativa de ambos al variar la rigidez. Estudios anteriores (Olbrich y Páez, 2010) proponen simular la rigidez variando el módulo de elasticidad del muro de mampostería. En uno de los modelos se modificó el valor del módulo de elasticidad de los elementos de área sometidos a esfuerzos de tracción, asignándoles un valor de módulo de elasticidad de 1000 Kgf/cm<sup>2</sup>, tal como se muestra en la figura III.11.

Este se compara con el *modelo base* que mantiene todos los elementos de área con la misma condición de módulo de elasticidad con un valor de 40000 Kgf/cm<sup>2</sup>.



**FIGURA III.11.** Modelo de muro de mampostería con variación de rigidez.

Se calcula el porcentaje de diferencia de la fracción de masa participativa entre ambos modelos, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Diferencia} = \frac{X_{\text{modelo base}} - X_{\text{modelo con variación de rigidez}}}{X_{\text{modelo base}}} * 100$$

**ECUACIÓN 3.16.**

**Donde:**

$X_{\text{modelo base}}$ : Fracción de la masa participativa del muro del *modelo base*.

$X_{\text{modelo con variación de rigidez}}$ : Fracción de la masa participativa del muro del *modelo con variación de rigidez*.

**TABLA III. 6 Comparación entre modelos de muros de mampostería de distinta rigidez lateral.**

MODELO	$M_{\text{dinámica}}$	$M_{\text{adicional}}$	$M_{\text{total}}$	$M_{\text{total}}/M_{\text{muro}}$	$M_{\text{participativa del muro}}$	%dif.
BASE	93,283	0,000	214,610	1,000	0,435	-6,755803614
VARIANDO RIGIDEZ	100,042	0,000	214,610	1,000	0,466	

Se obtiene un porcentaje de diferencia inferior al 10% tal como se observa en la tabla III.6, por lo que se decide realizar todos los modelos objeto de estudio del siguiente trabajo sin variar la rigidez en la pared de mampostería, es decir, con el *modelo base* inicial.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo están reflejados todos los resultados del estudio de los modelos computacionales de estructuras de mampostería confinada, según la metodología establecida en el capítulo anterior.

Se presentan los resultados ordenados en función del número de vanos y niveles de la estructura. Los valores resultantes de la fracción de masa participativa para estructuras de una altura determinada (H) se reflejan en tablas construidas en función de la relación de aspecto (H/L) y la relación entre la masa total y la masa del muro (Masa total / Masa muro;  $M_t/M_m$ ).

Además se muestran una serie de gráficos donde se mantiene constante la relación de masas ( $M_t/M_m$ ), los cuales representan la variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de aspecto (H/L) de la estructura, se presenta un gráfico final que agrupa todos los gráficos anteriores y se observa claramente la variación de la fracción de masa participativa para cada grupo de muros.

#### **IV.1. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE UN VANO Y UN NIVEL.**

A continuación se presentan los resultados del estudio de los modelos computacionales para estructuras de mampostería confinada de un vano y un nivel, se estudian por separado los muros de altura por nivel (H) de: 2m, 3m y 4m. En el anexo 1 pueden observarse con detalle los distintos muros modelados.

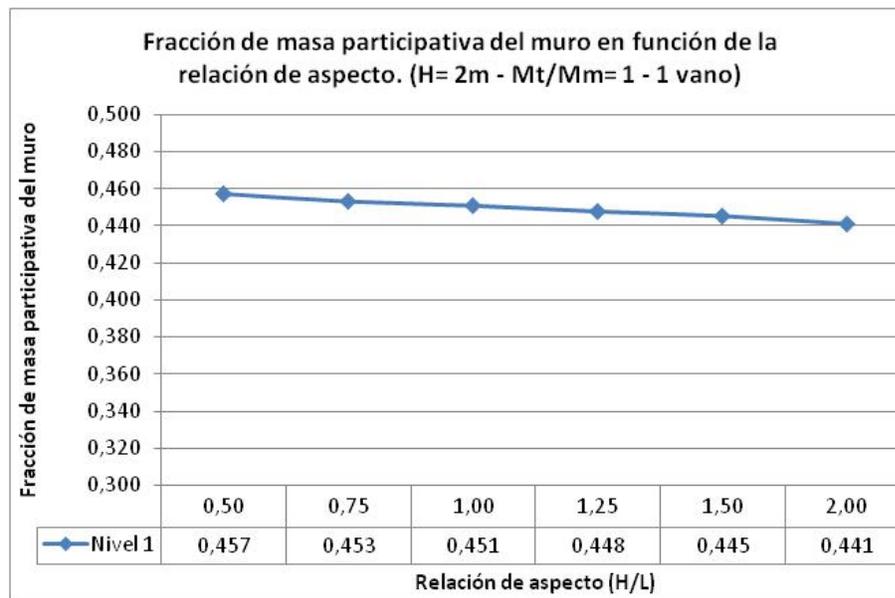
##### **IV.1.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m**

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=2m, de un vano y un nivel.

**TABLA IV. 1 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura H= 2m.**

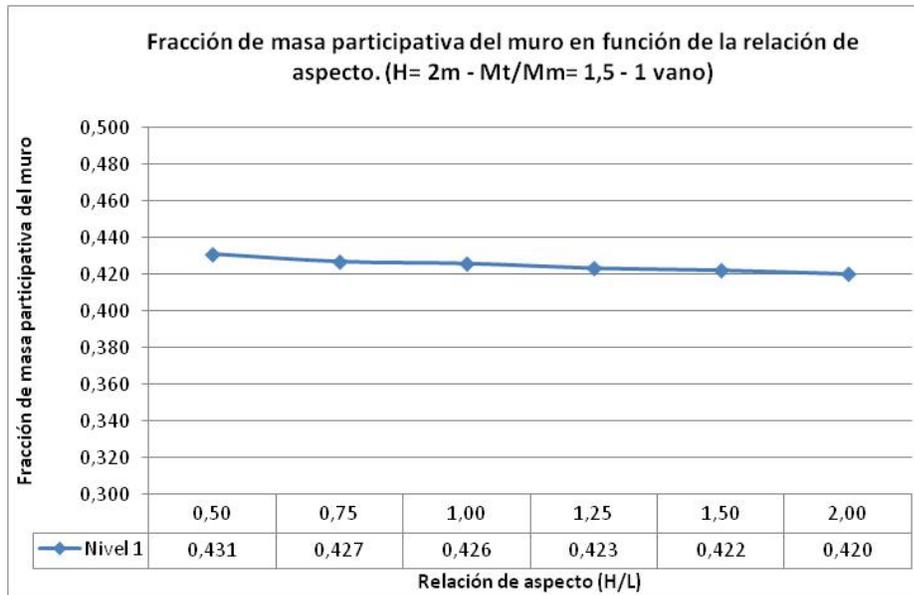
MURO DE UN VANO Y ALTURA H= 2m							
Relación de a.	Masa total / Masa muro						
H/L	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M112-1	0,50	0,457	0,431	0,424	0,421	0,420	0,420
M112-2	0,75	0,453	0,427	0,419	0,415	0,413	0,411
M112-3	1,00	0,451	0,426	0,419	0,415	0,413	0,412
M112-4	1,25	0,448	0,423	0,416	0,413	0,410	0,409
M112-5	1,50	0,445	0,422	0,415	0,412	0,410	0,409
M112-6	2,00	0,441	0,420	0,414	0,411	0,410	0,409
Fracción de Masa participativa del Muro							
Valor Max.		0,457	0,431	0,424	0,421	0,420	0,420
Valor Min.		0,441	0,420	0,414	0,411	0,410	0,409
Promedio		0,449	0,425	0,418	0,415	0,413	0,412
%diferencia		-3,53	-2,47	-2,33	-2,38	-2,52	-2,75

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.1.



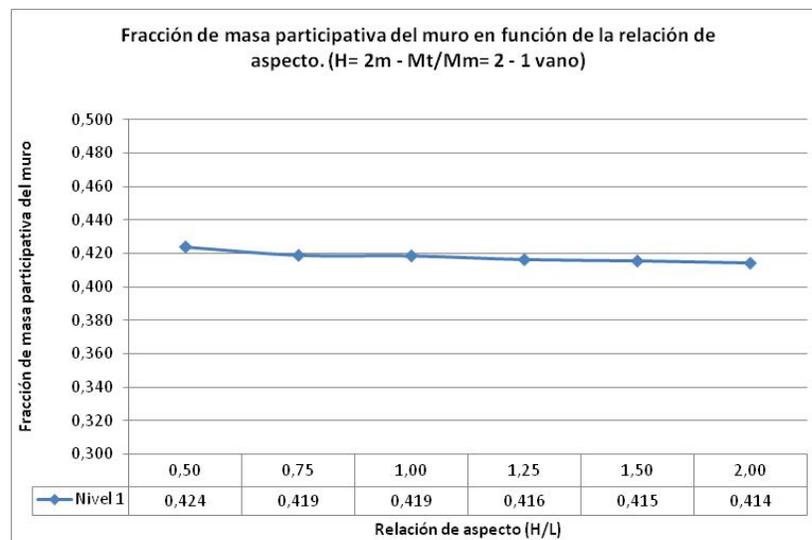
**GRÁFICO IV.1.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=1.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,457 y mínimo de 0,441. Puede tomarse 0,449 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -3,53% para la fracción de masa participativa.



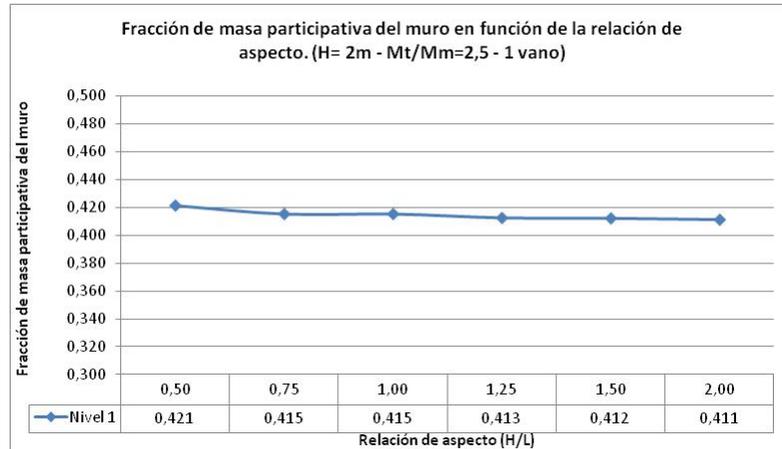
**GRÁFICO IV.2.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,431 y mínimo de 0,420. Puede tomarse 0,425 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,47% para la fracción de masa participativa.



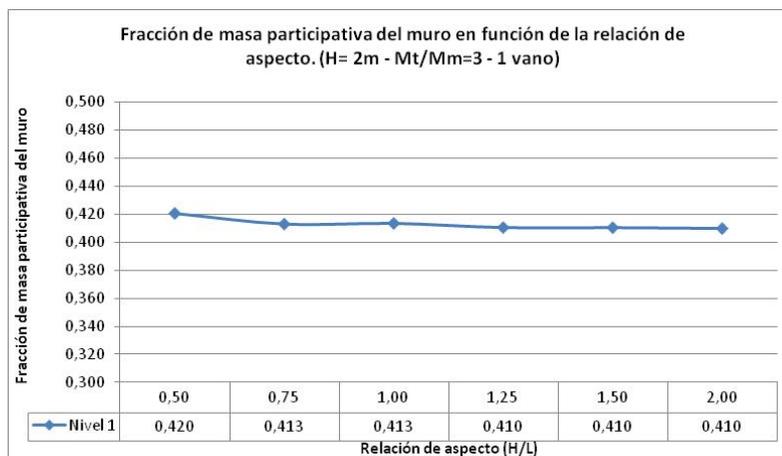
**GRÁFICO IV.3.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,424 y mínimo de 0,414. Puede tomarse 0,418 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,33% para la fracción de masa participativa.



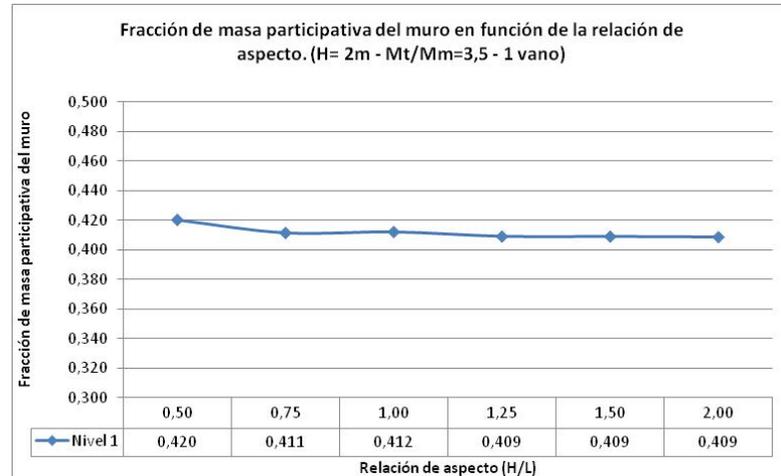
**GRÁFICO IV.4.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,421 y mínimo de 0,411. Puede tomarse 0,415 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,38% para la fracción de masa participativa.



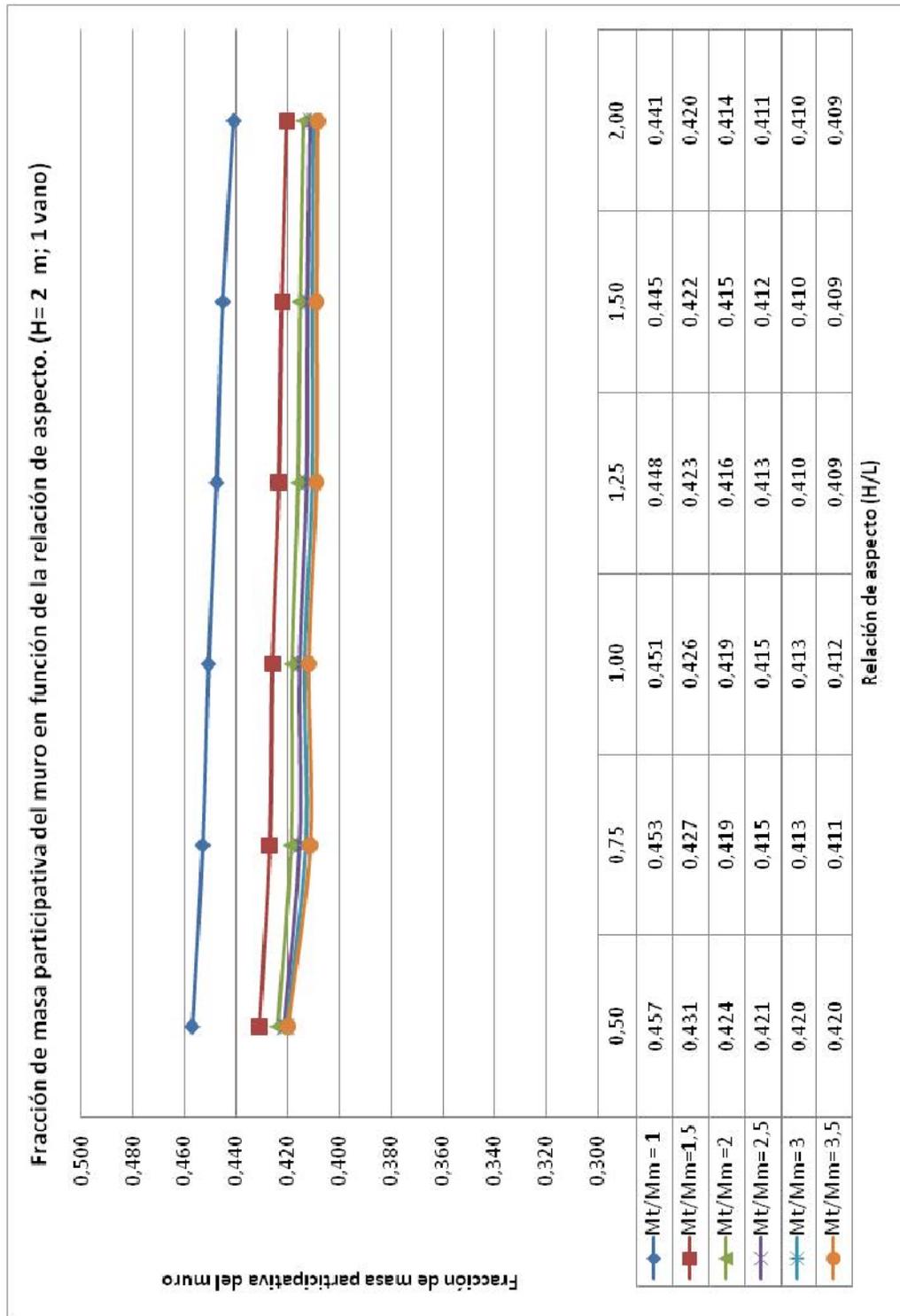
**GRÁFICO IV.5.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,420 y mínimo de 0,410. Puede tomarse 0,413 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,52% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.6.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=3,5

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,420 y mínimo de 0,409. Puede tomarse 0,412 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,75% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.7.** Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 2m.

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, un nivel y altura  $H= 2m$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 4%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,457 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,409 (Para una relación de aspecto de  $H/L=2$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

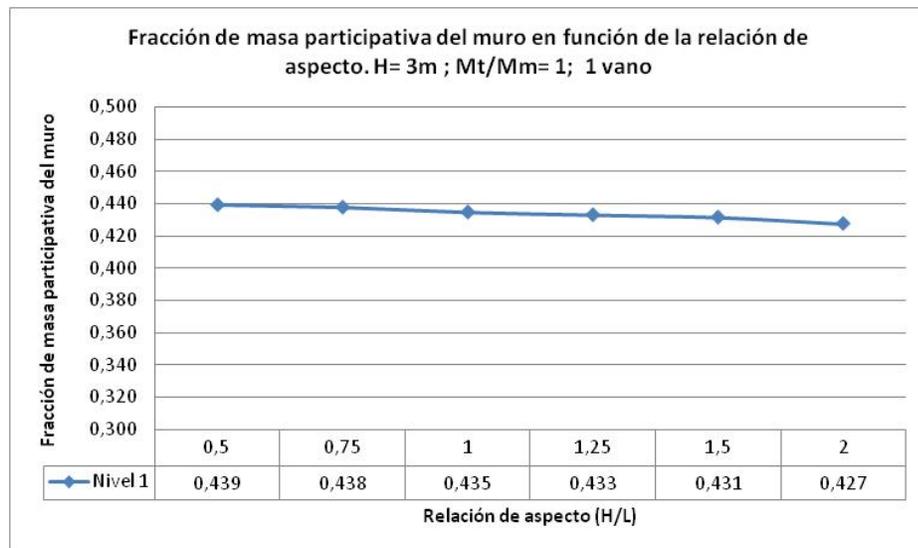
#### IV.1.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=3m, de un vano y un nivel.

**TABLA IV. 2 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura H= 3m.**

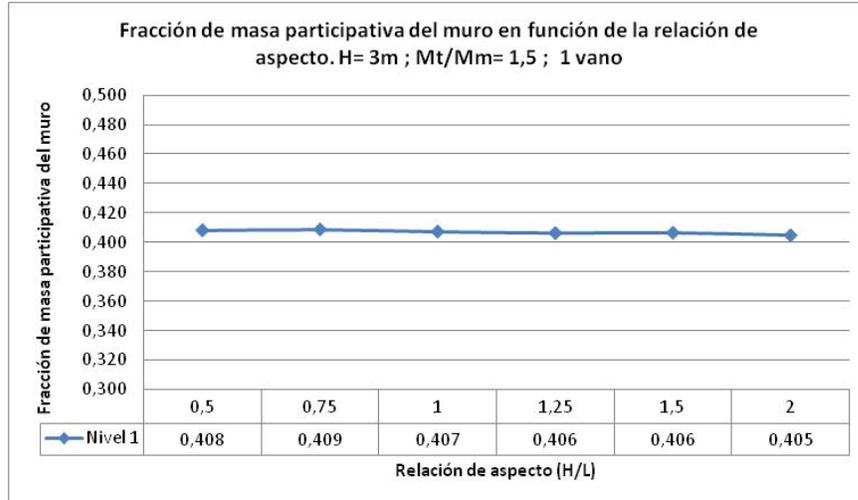
MURO DE UN VANO Y ALTURA H= 3m							
	Relación de a.	Masa total / Masa muro					
	H/L	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M113-1	0,5	0,439	0,408	0,399	0,394	0,391	0,389
M113-2	0,75	0,438	0,409	0,400	0,397	0,395	0,393
M113-3	1	0,435	0,407	0,400	0,396	0,394	0,393
M113-4	1,25	0,433	0,406	0,399	0,395	0,393	0,391
M113-5	1,5	0,431	0,406	0,400	0,397	0,395	0,394
M113-6	2	0,427	0,405	0,398	0,395	0,394	0,393
Fracción de Masa participativa del Muro							
Valor Max.		0,439	0,409	0,400	0,397	0,395	0,394
Valor Min.		0,427	0,405	0,398	0,394	0,391	0,389
Promedio		0,434	0,407	0,399	0,396	0,394	0,392
%diferencia		-2,68	-0,85	-0,12	0,38	0,73	1,10

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.2.



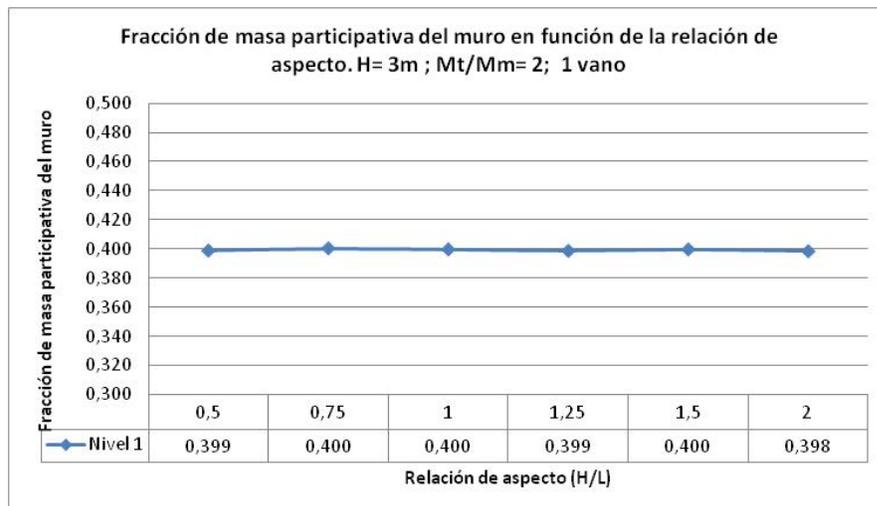
**GRÁFICO IV.8.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=1.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,439 y mínimo de 0,427. Puede tomarse 0,434 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,68% para la fracción de masa participativa.



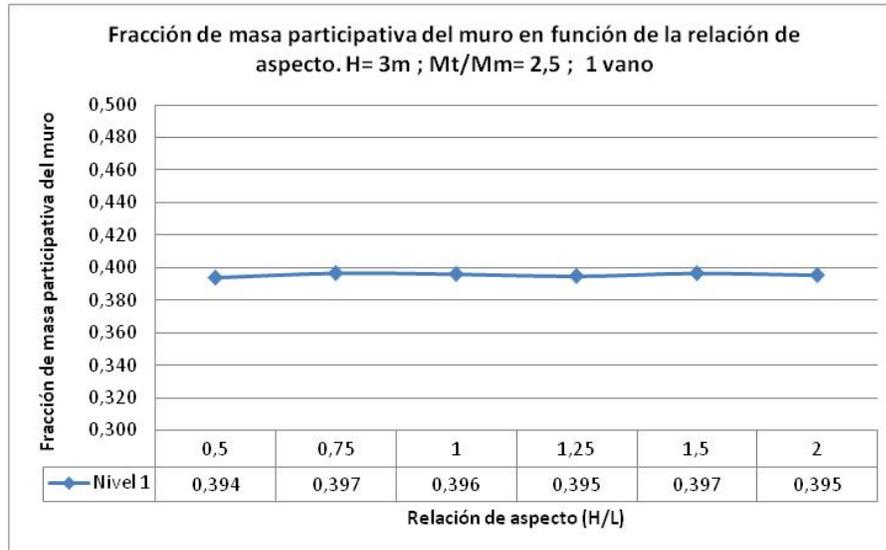
**GRÁFICO IV.9.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,409 y mínimo de 0,405. Puede tomarse 0,407 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,85% para la fracción de masa participativa.



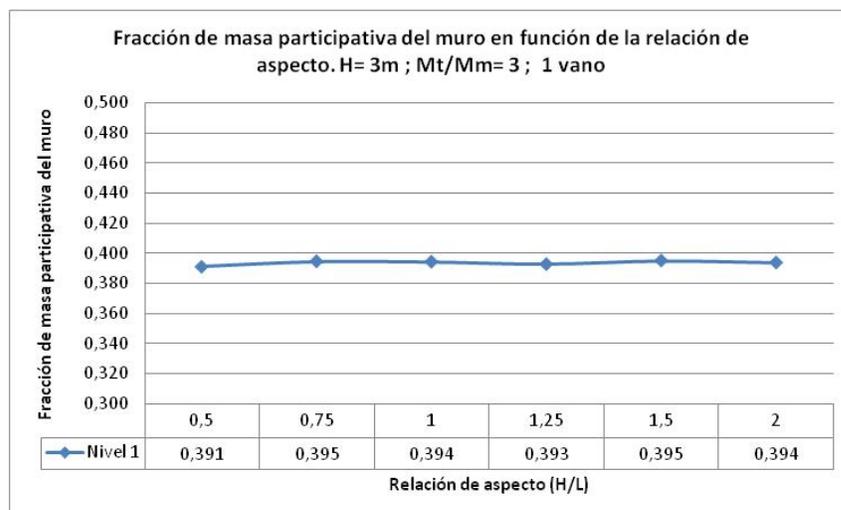
**GRÁFICO IV.10.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,400 y mínimo de 0,398. Puede tomarse 0,399 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,12% para la fracción de masa participativa.



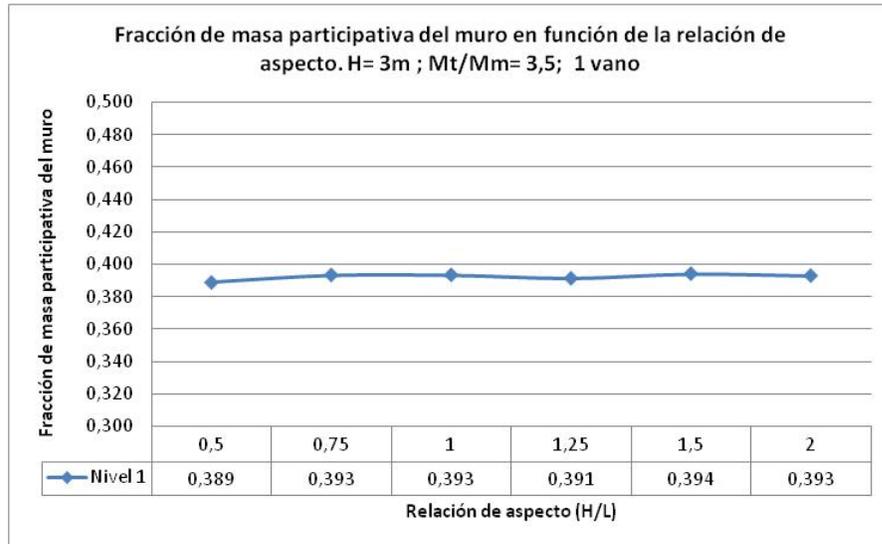
**GRÁFICO IV.11.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,397 y mínimo de 0,394. Puede tomarse 0,396 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0,38% para la fracción de masa participativa.



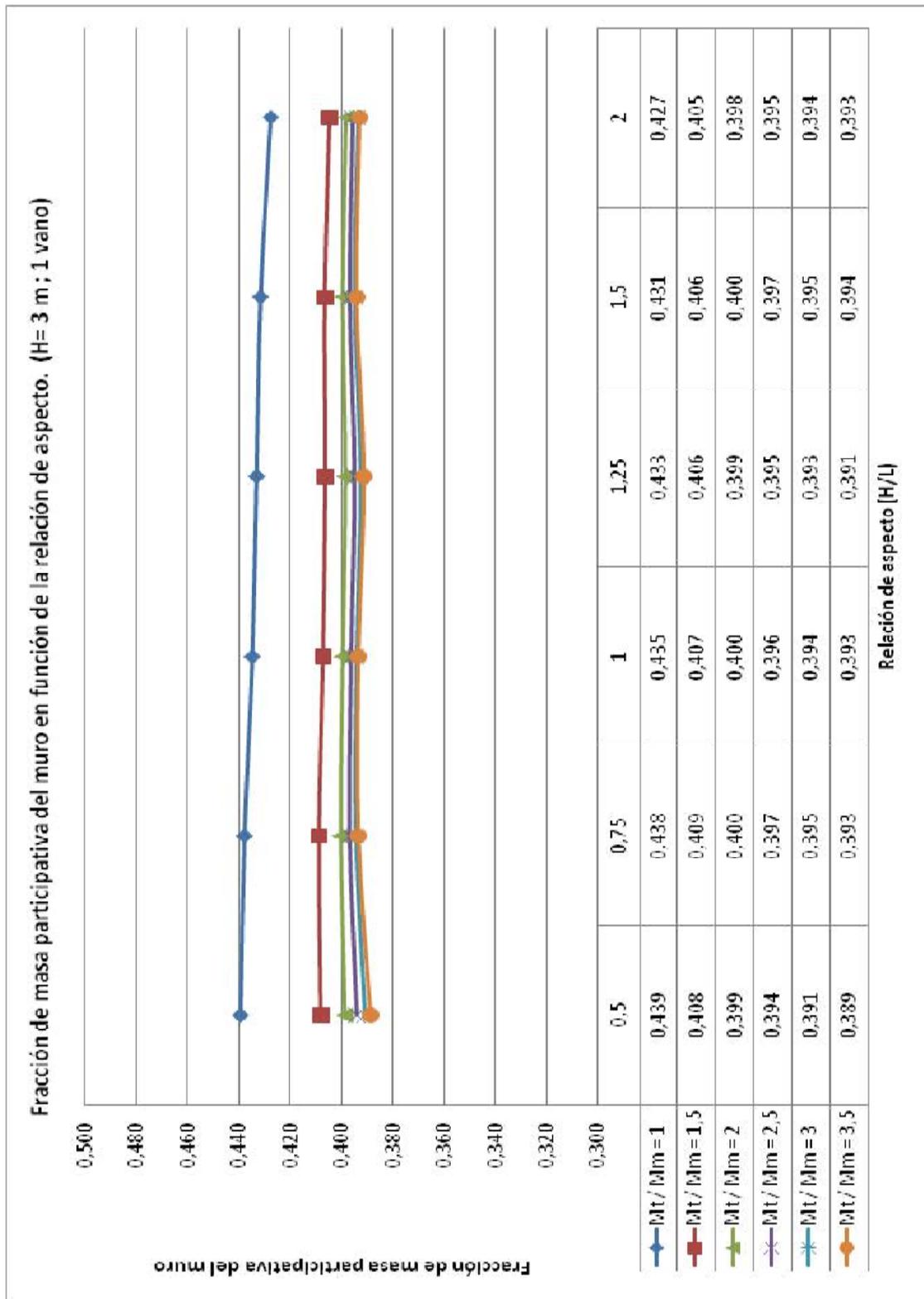
**GRÁFICO IV.12.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,395 y mínimo de 0,391. Puede tomarse 0,394 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0,73% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.13.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,394 y mínimo de 0,389. Puede tomarse 0,392 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 1,10% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.14.** Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 3m.

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, un nivel y altura  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 3%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,439 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,389 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

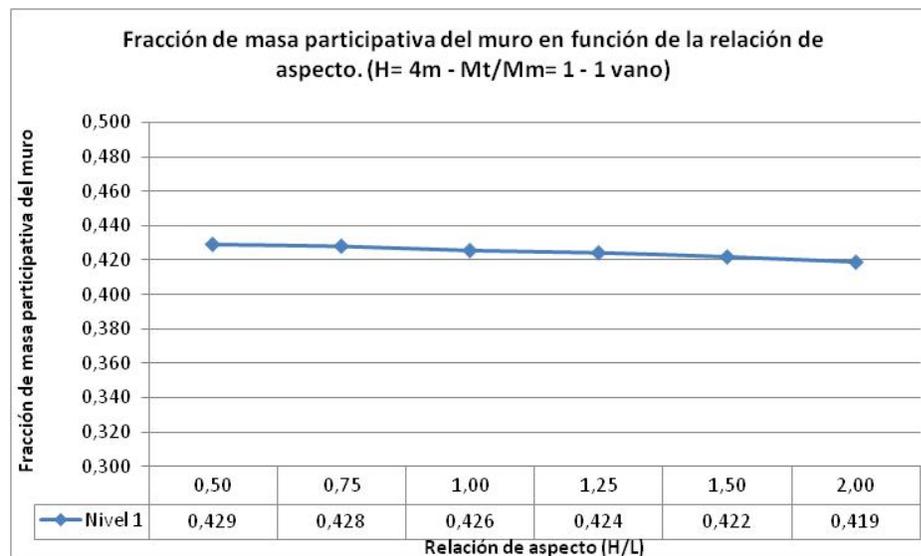
### IV.1.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=4m, de un vano y un nivel.

**TABLA IV. 3 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, un nivel y altura H= 4m.**

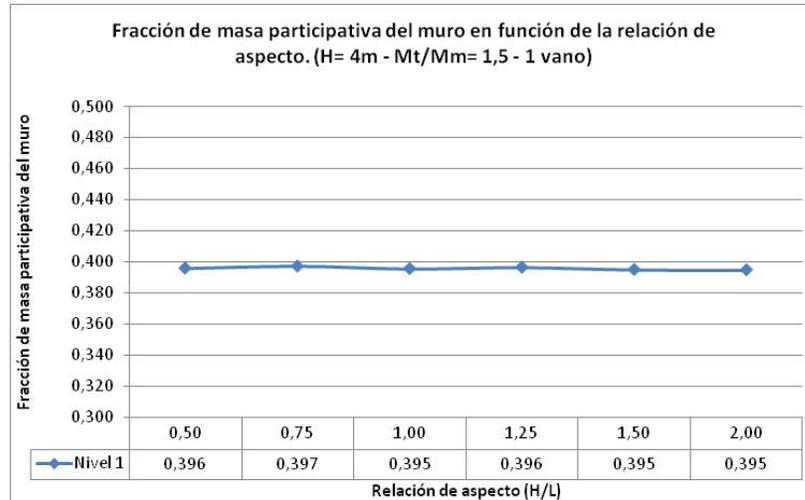
MURO DE UN VANO Y ALTURA H= 4m							
Relación de a. H/L	Masa total / Masa muro						
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M114-1	0,50	0,429	0,396	0,386	0,381	0,377	0,375
M114-2	0,75	0,428	0,397	0,389	0,385	0,383	0,382
M114-3	1,00	0,426	0,395	0,387	0,383	0,380	0,378
M114-4	1,25	0,424	0,396	0,389	0,386	0,384	0,383
M114-5	1,50	0,422	0,395	0,387	0,384	0,381	0,380
M114-6	2,00	0,419	0,395	0,388	0,385	0,383	0,382
Fracción de Masa participativa del Muro							
Valor Max.		0,429	0,397	0,389	0,386	0,384	0,383
Valor Min.		0,419	0,395	0,386	0,381	0,377	0,375
Promedio		0,425	0,396	0,388	0,384	0,381	0,380
%diferencia		-2,42	-0,28	0,56	1,08	1,50	1,86

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.3.



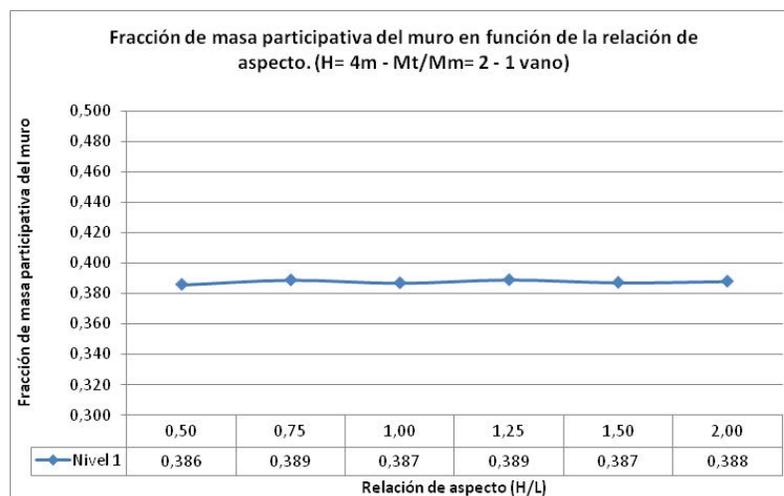
**GRÁFICO IV.15.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=1

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,429 y mínimo de 0,419. Puede tomarse 0,425 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,42% para la fracción de masa participativa.



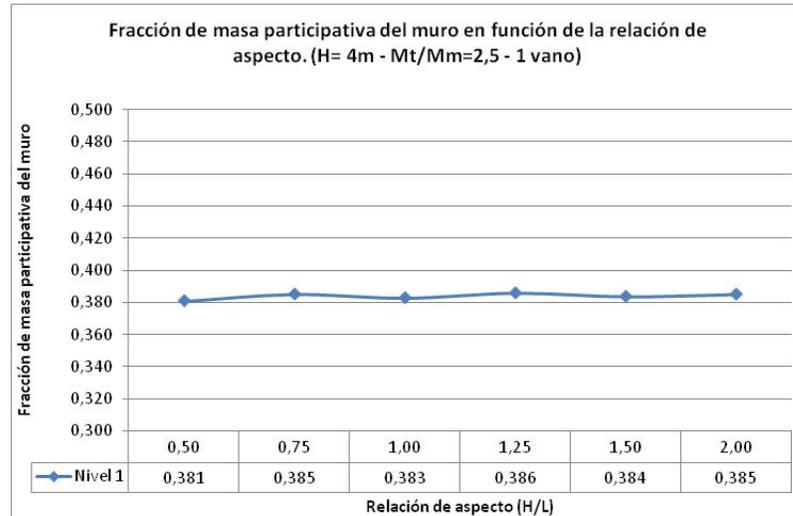
**GRÁFICO IV.16.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,397 y mínimo de 0,395. Puede tomarse 0,396 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,28% para la fracción de masa participativa.



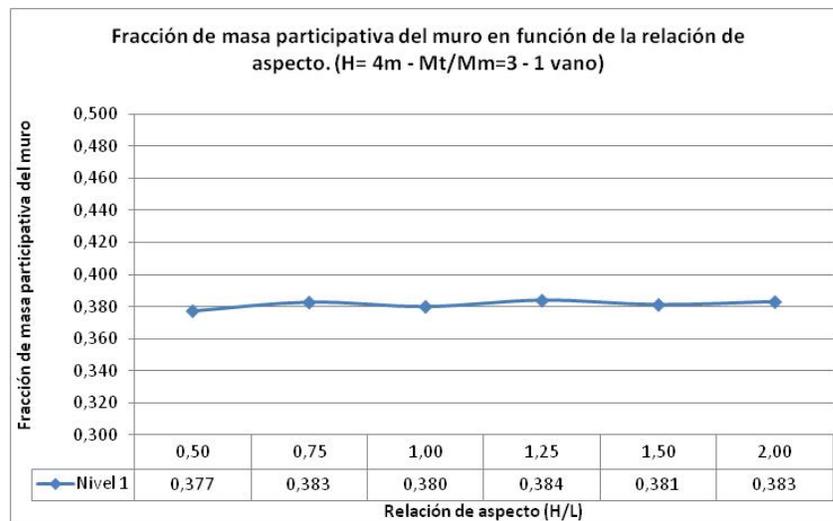
**GRÁFICO IV.17.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,389 y mínimo de 0,386. Puede tomarse 0,388 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0,56% para la fracción de masa participativa.



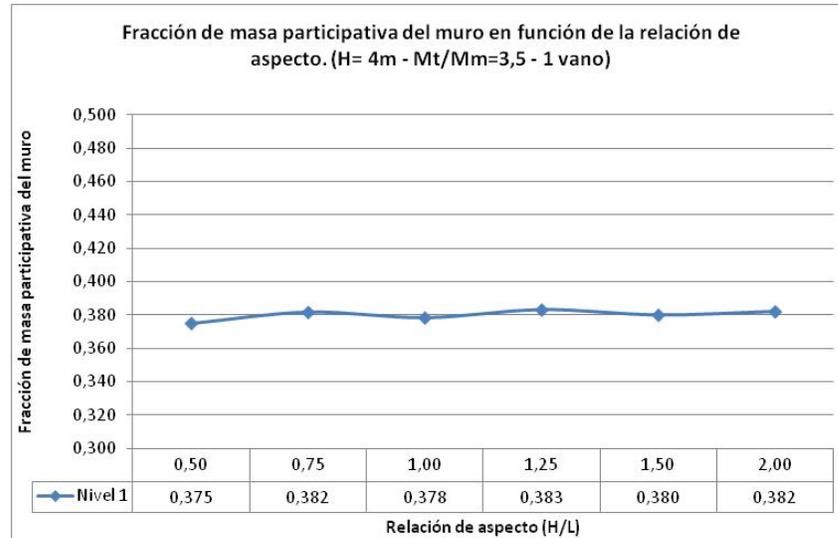
**GRÁFICO IV.18.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,386 y mínimo de 0,381. Puede tomarse 0,384 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 1,08% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.19.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,384 y mínimo de 0,377. Puede tomarse 0,381 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 1,50% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.20.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,383 y mínimo de 0,375. Puede tomarse 0,380 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 1,86% para la fracción de masa participativa.

Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. (H= 4 m ; 1 vano)



Relación de aspecto (H/L)

GRAFICO IV.21. Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 4m.

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, un nivel y altura  $H=4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

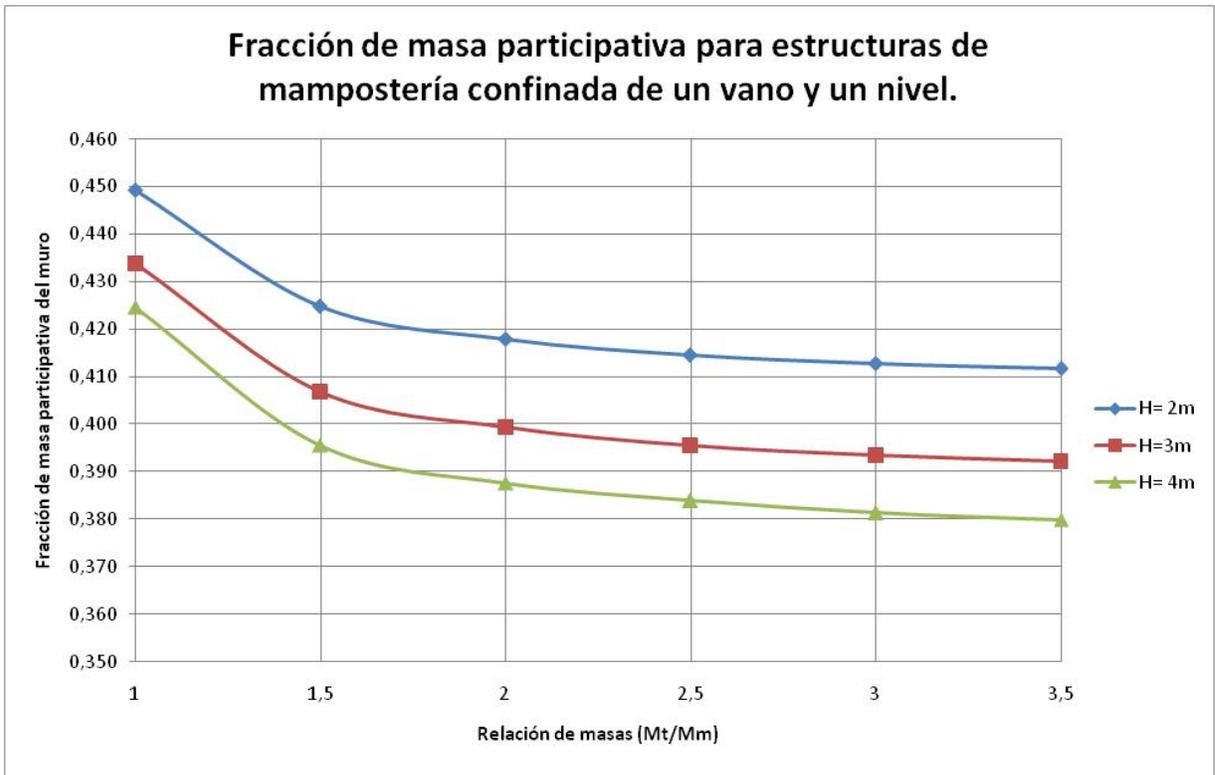
1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 3%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,429 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,375 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### **IV.1.4. Análisis de resultados para muros de un vano y un nivel.**

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una serie de estructuras de mampostería confinada de un vano, un nivel y alturas respectivamente de  $H= 2\text{m}$ ,  $3\text{m}$  y  $4\text{m}$ . Variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde  $0,5$  a  $2$  y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde  $1$  a  $3,5$ . A partir del análisis de todos los gráficos correspondientes al resultado de la estimación de la fracción de masa participativa de cada muro se observa lo siguiente:

1. En todos los casos independientemente de la altura del muro, la variación de la fracción de masa participativa es mayor en función de la variación de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) en comparación con la que experimenta en función de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) del muro.
2. En todos los casos para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. Para muros de mayor altura se observa que la fracción de masa participativa del muro es menor que en los muros de menor altura.

A continuación se recomienda gráfico para hallar la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y altura ( $H$ ) del mismo. Los valores de la fracción de masa participativa se obtienen promediando para muros de una misma altura los valores para distintas relaciones de aspecto ( $H/L$ ).



**GRÁFICO IV.22.** Fracción de masa participativa para muros de un vano y un nivel en función de la relación de masas (Mt/Mm) y la altura del muro.

## IV.2. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE DOS VANOS Y UN NIVEL

A continuación se presentan los resultados del estudio de los modelos computacionales para estructuras de mampostería confinada de dos vanos y un nivel, se estudian por separado los muros de altura por nivel (H): 2m, 3m y 4m. En el anexo 2 pueden observarse con detalle los distintos muros modelados.

### IV.2.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=2m, de dos vanos y un nivel.

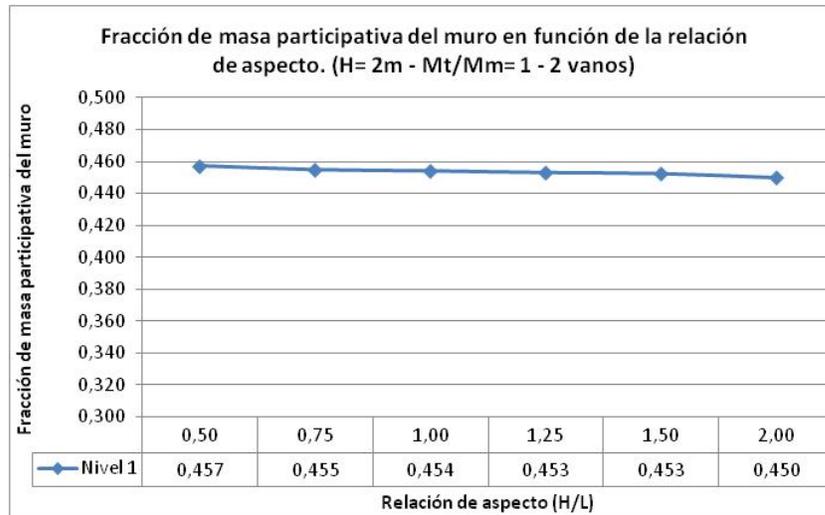
#### IV.2.1.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=2m, de dos vanos y un nivel, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 4 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura H= 2m. (Vanos con la misma relación de aspecto).**

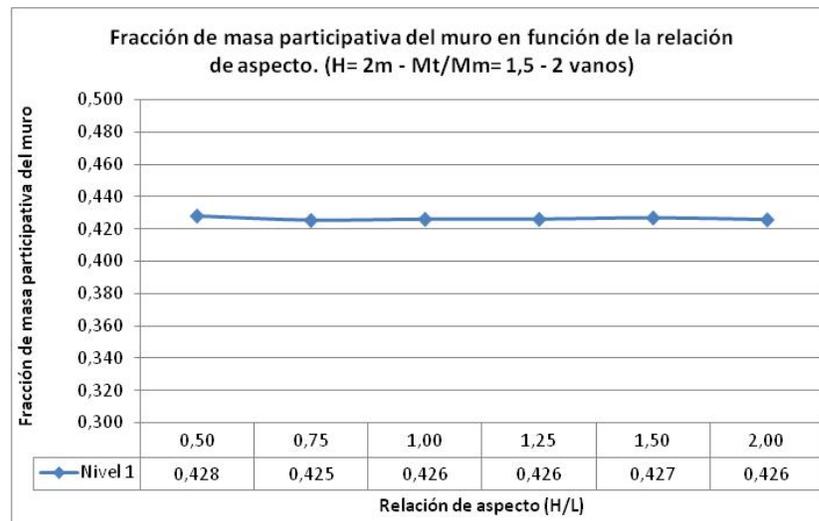
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA H= 2m								
Relación de aspecto			Masa del muro / Masa total					
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M122-1	0,50	0,50	0,457	0,428	0,419	0,414	0,411	0,409
M122-2	0,75	0,75	0,455	0,425	0,416	0,410	0,406	0,403
M122-3	1,00	1,00	0,454	0,426	0,417	0,412	0,409	0,407
M122-4	1,25	1,25	0,453	0,426	0,418	0,413	0,411	0,409
M122-5	1,50	1,50	0,453	0,427	0,420	0,417	0,415	0,414
M122-6	2,00	2,00	0,450	0,426	0,419	0,416	0,415	0,414
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,457	0,428	0,420	0,417	0,415	0,414
Valor Min.			0,450	0,425	0,416	0,410	0,406	0,403
Promedio			0,454	0,426	0,418	0,414	0,411	0,409
%diferencia			-1,52	-0,51	0,00	0,45	0,85	1,20

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.4.



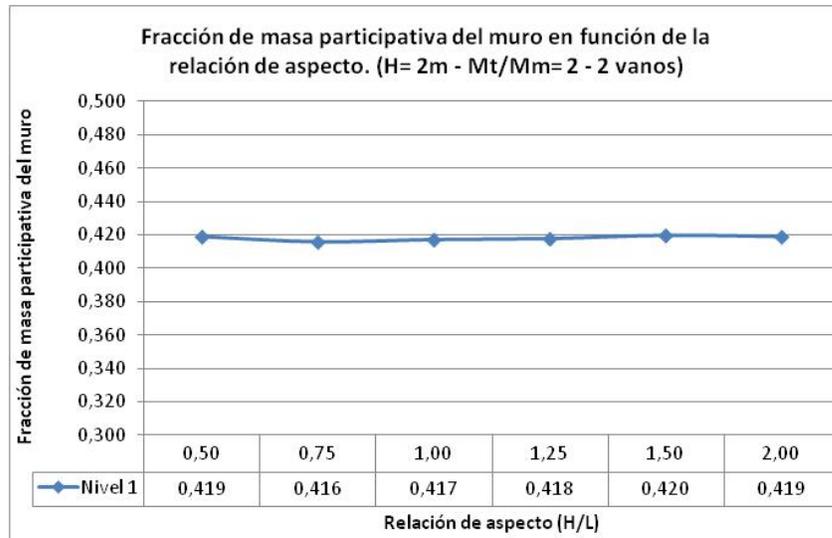
**GRÁFICO IV.23.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,457 y mínimo de 0,450. Puede tomarse 0,454 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,52% para la fracción de masa participativa.



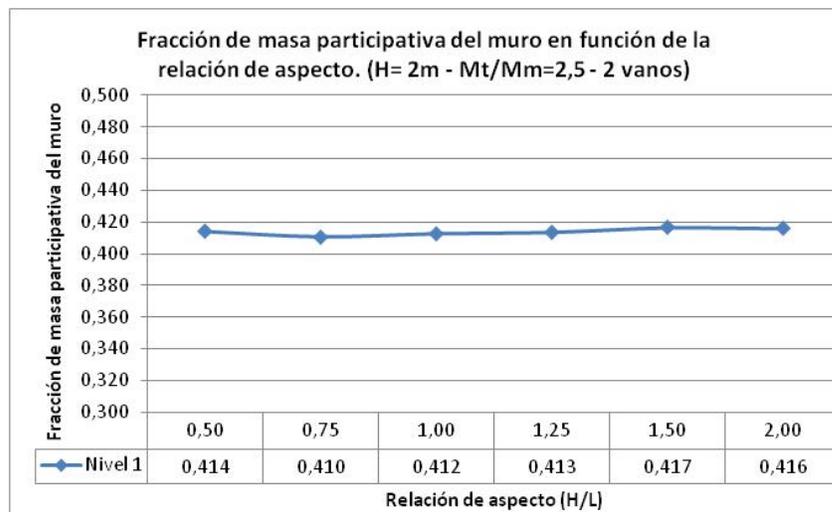
**GRÁFICO IV.24.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $M_t/M_m=1,5$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,428 y mínimo de 0,425. Puede tomarse 0,426 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,51% para la fracción de masa participativa.



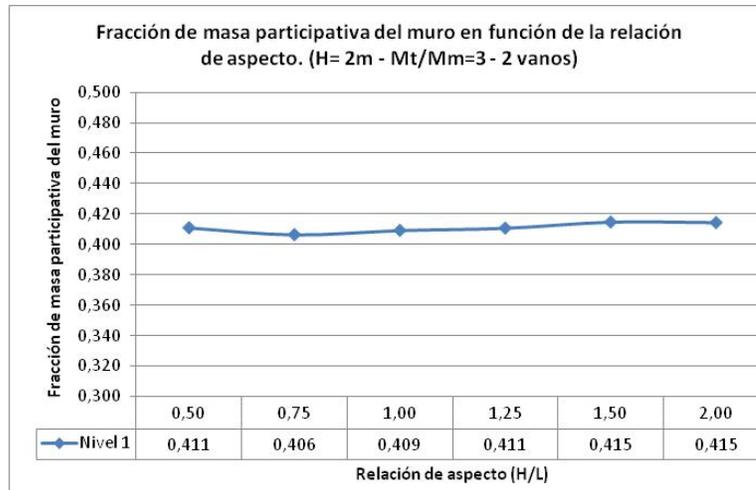
**GRÁFICO IV.25.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $Mt/Mm=2$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,420 y mínimo de 0,416. Puede tomarse 0,418 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0% para la fracción de masa participativa.



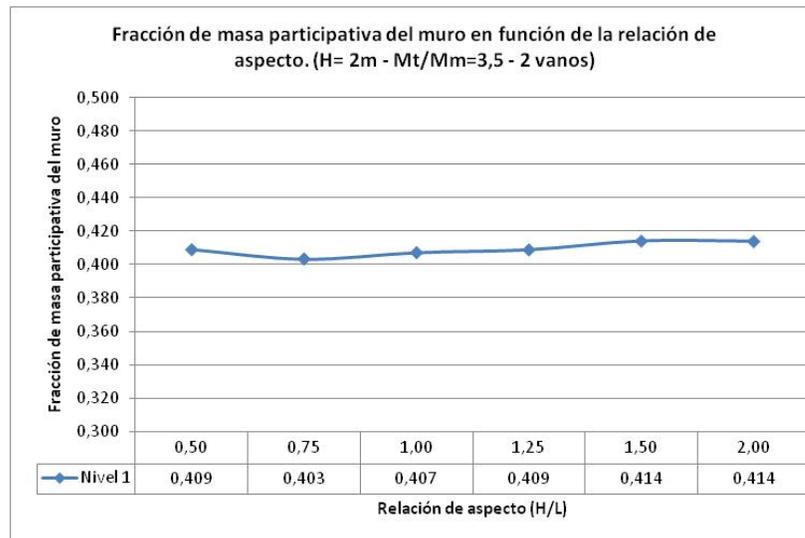
**GRÁFICO IV.26.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $Mt/Mm=2,5$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,417 y mínimo de 0,410. Puede tomarse 0,414 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0,45% para la fracción de masa participativa.



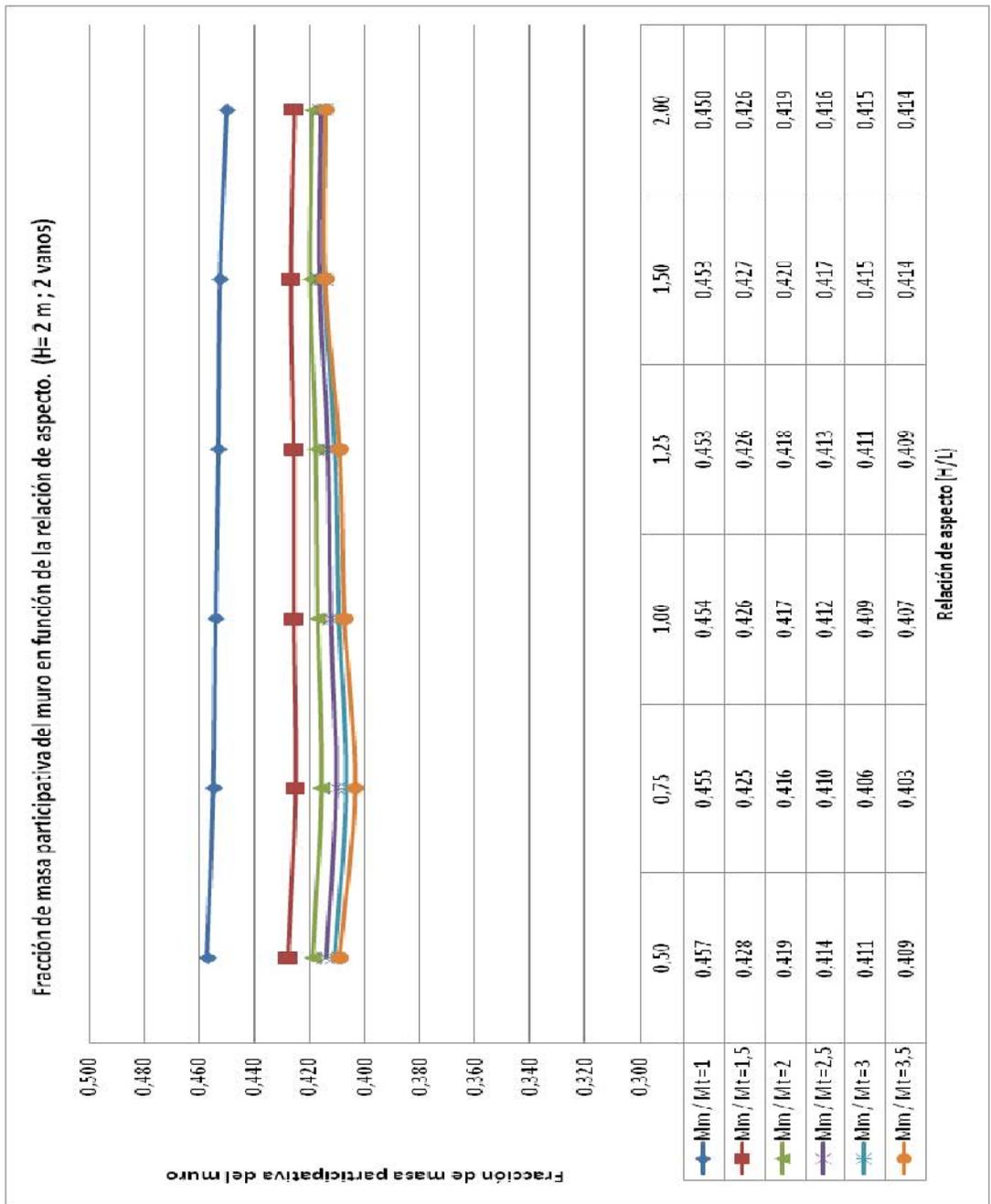
**GRÁFICO IV.27.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $M_t/M_m=3$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,415 y mínimo de 0,406. Puede tomarse 0,411 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 0,85% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.28.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2m$ ,  $M_t/M_m=3,5$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,414 y mínimo de 0,403. Puede tomarse 0,409 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del 1,20% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.29.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 2m. (Vanos con la misma relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 2\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,457 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,403 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,75$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

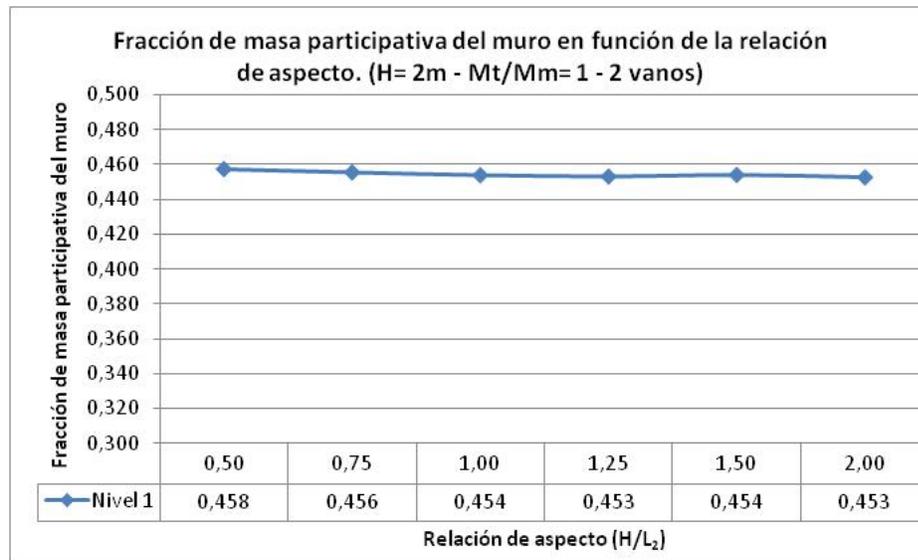
#### IV.2.1.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura  $H=2\text{m}$ , de dos vanos y un nivel, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 5 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura  $H= 2\text{m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).**

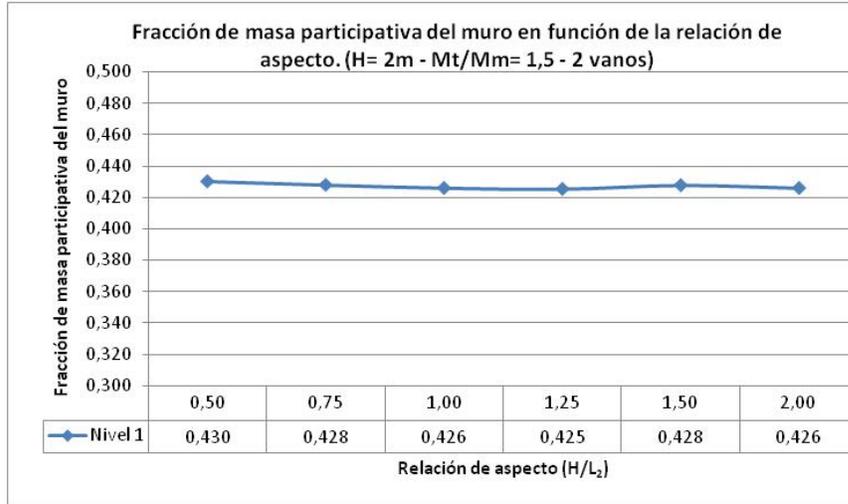
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA $H= 2\text{m}$								
Relación de aspecto			Masa del muro / Masa total					
	$H/L_1$	$H/L_2$	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M122-C1	1,00	0,50	0,458	0,430	0,423	0,420	0,419	0,418
M122-C2	1,00	0,75	0,456	0,428	0,420	0,416	0,414	0,413
M122-C3	1,00	1,00	0,454	0,426	0,417	0,412	0,409	0,407
M122-C4	1,00	1,25	0,453	0,425	0,416	0,411	0,408	0,406
M122-C5	1,00	1,50	0,454	0,428	0,420	0,417	0,415	0,415
M122-C6	1,00	2,00	0,453	0,426	0,418	0,414	0,412	0,410
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,458	0,430	0,423	0,420	0,419	0,418
Valor Min.			0,453	0,425	0,416	0,411	0,408	0,406
Promedio			0,455	0,427	0,419	0,415	0,413	0,411
%diferencia			-1,02	-1,01	-1,17	-1,42	-1,64	-1,85

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.5.



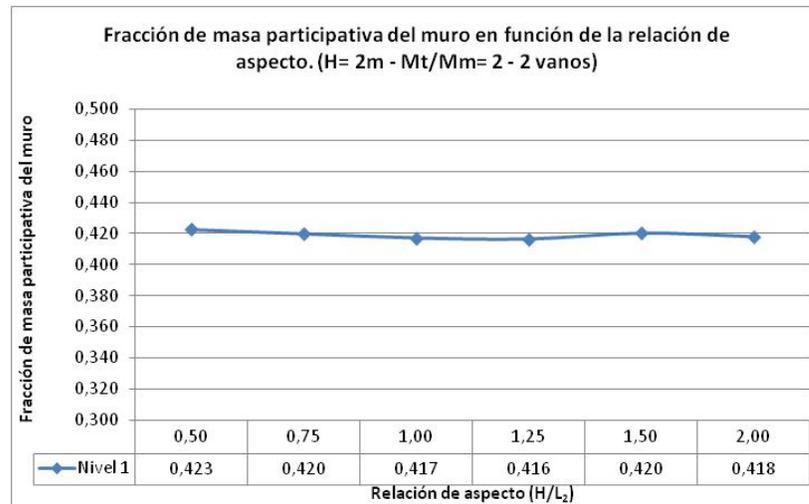
**GRÁFICO IV.30.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 2\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,458 y mínimo de 0,453. Puede tomarse 0,455 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,02% para la fracción de masa participativa.



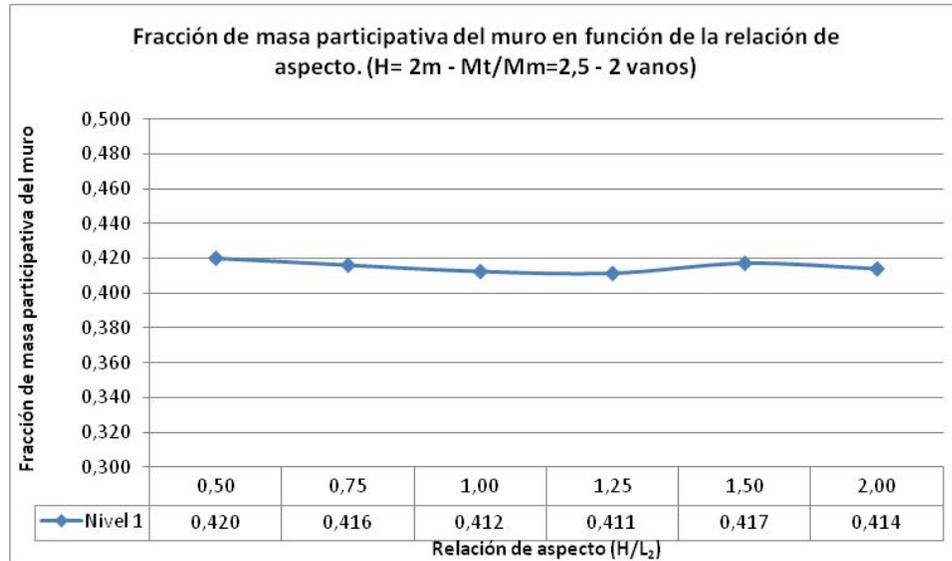
**GRÁFICO IV.31.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,430 y mínimo de 0,425. Puede tomarse 0,427 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,01% para la fracción de masa participativa.



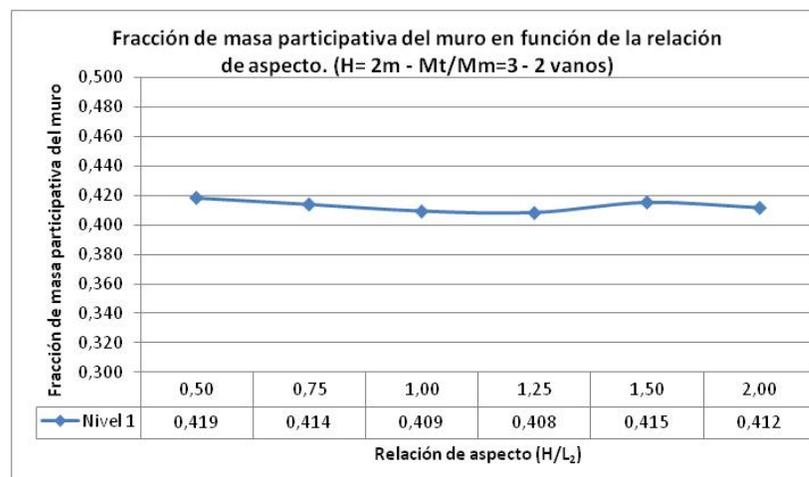
**GRÁFICO IV.32.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,423 y mínimo de 0,416. Puede tomarse 0,419 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,17% para la fracción de masa participativa.



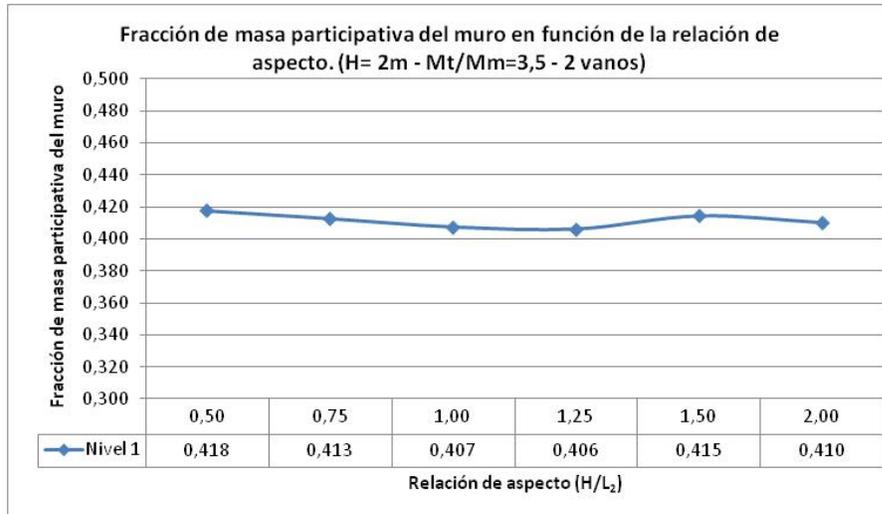
**GRÁFICO IV.33.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,420 y mínimo de 0,411. Puede tomarse 0,415 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,42% para la fracción de masa participativa.



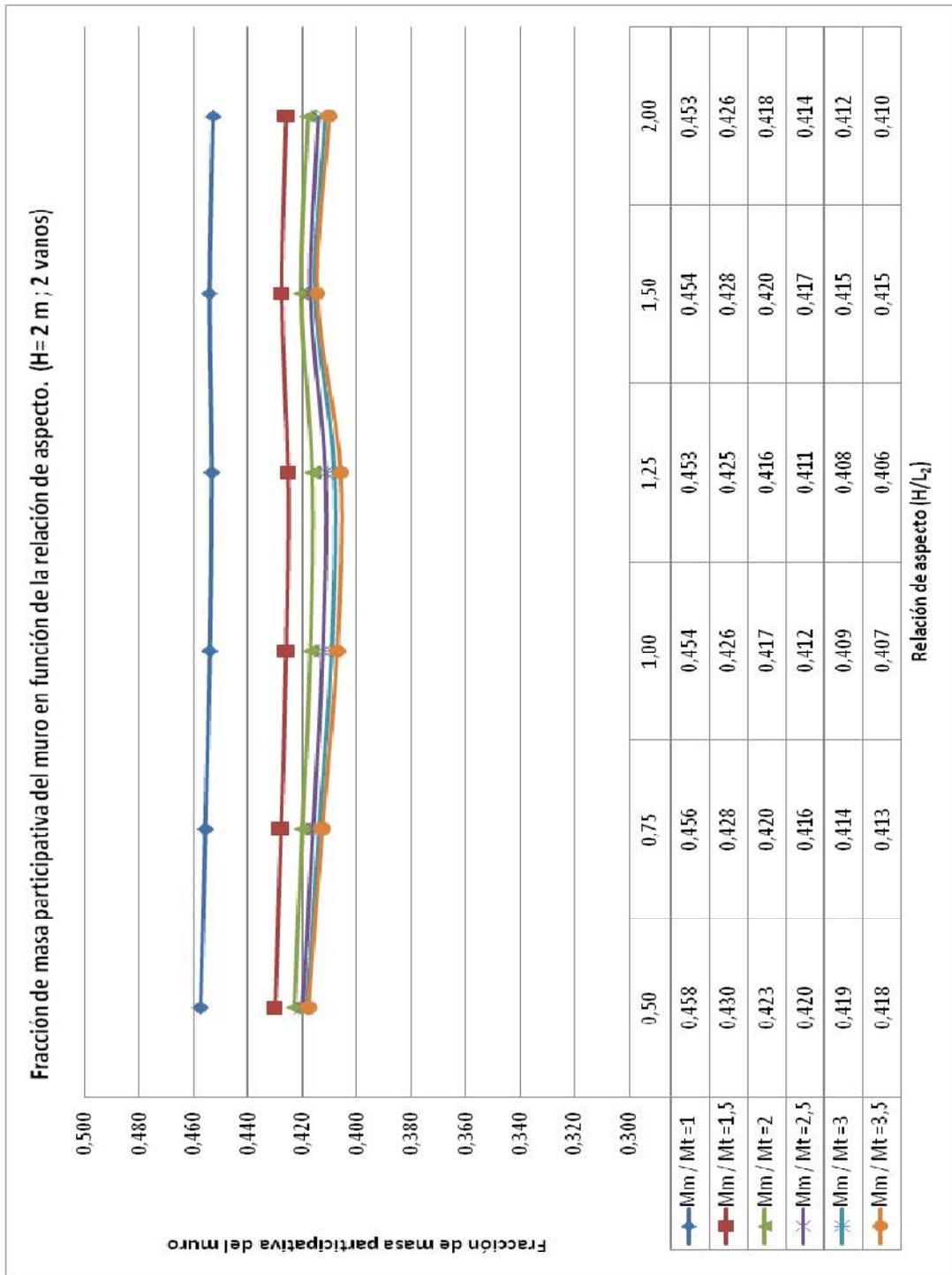
**GRÁFICO IV.34.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,419 y mínimo de 0,408. Puede tomarse 0,413 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,64% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.35.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 2m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,418 y mínimo de 0,406. Puede tomarse 0,411 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,85% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.36.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 2m. (Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 2\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,458 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,406 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,25$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### IV.2.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=3m, de dos vanos y un nivel.

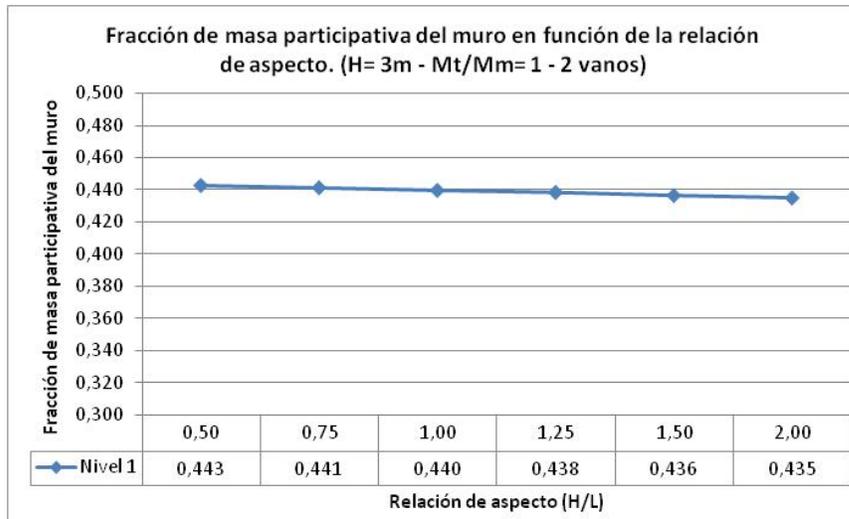
##### IV.2.2.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L)

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=3m, de dos vanos y un nivel, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 6 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura H= 3m. (Vanos con la misma relación de aspecto).**

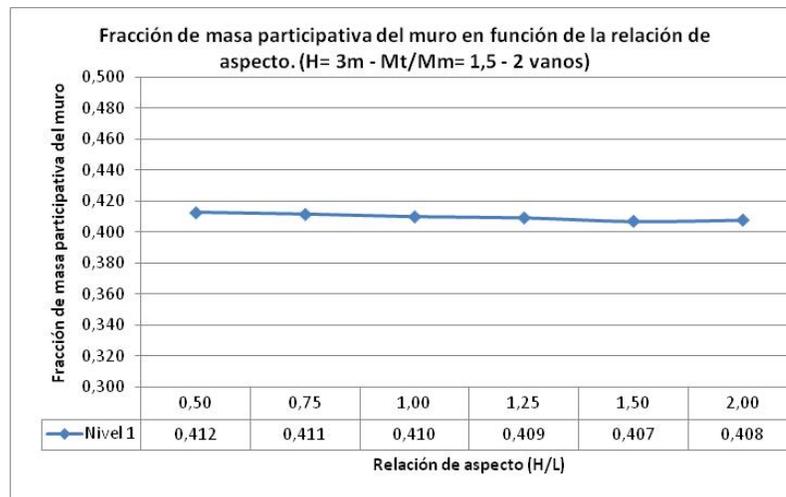
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA H= 3m								
Relación de aspecto			Masa del muro / Masa total					
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M123-1	0,50	0,50	0,443	0,412	0,405	0,403	0,402	0,402
M123-2	0,75	0,75	0,441	0,411	0,404	0,401	0,400	0,400
M123-3	1,00	1,00	0,440	0,410	0,402	0,399	0,397	0,396
M123-4	1,25	1,25	0,438	0,409	0,401	0,398	0,396	0,395
M123-5	1,50	1,50	0,436	0,407	0,398	0,394	0,391	0,390
M123-6	2,00	2,00	0,435	0,408	0,400	0,397	0,396	0,395
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,443	0,412	0,405	0,403	0,402	0,402
Valor Min.			0,435	0,407	0,398	0,394	0,391	0,390
Promedio			0,439	0,410	0,402	0,399	0,397	0,397
%diferencia			-1,75	-1,18	-1,18	-1,37	-1,55	-1,79

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.6.



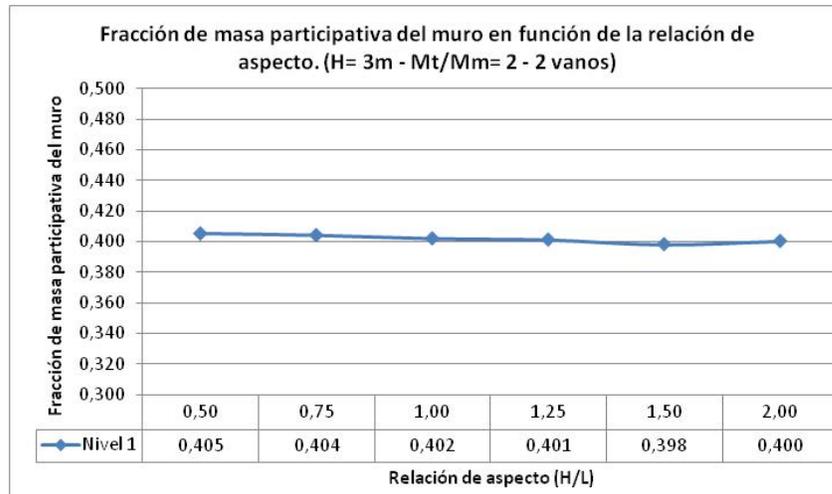
**GRÁFICO IV.37.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 3m$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,443 y mínimo de 0,435. Puede tomarse 0,439 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,75% para la fracción de masa participativa.



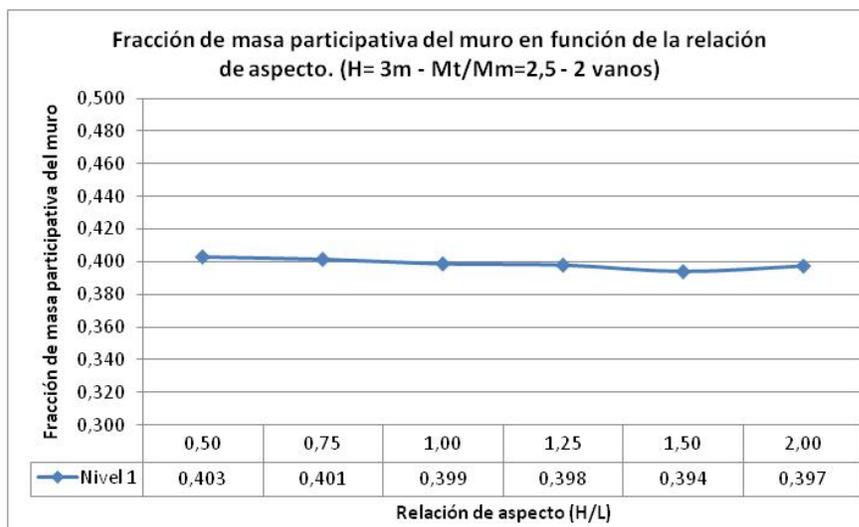
**GRÁFICO IV.38.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 3m$ ,  $M_t/M_m=1,5$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,412 y mínimo de 0,407. Puede tomarse 0,410 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,18% para la fracción de masa participativa.



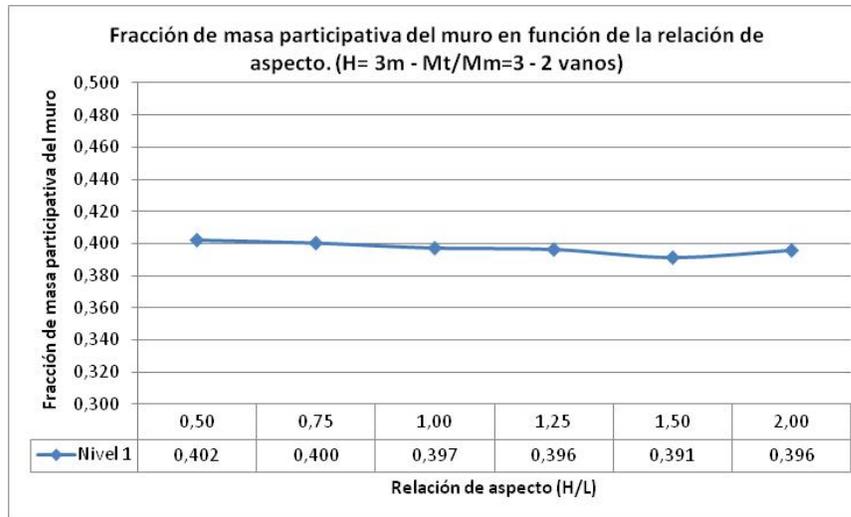
**GRÁFICO IV.39.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,405 y mínimo de 0,398. Puede tomarse 0,402 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,18% para la fracción de masa participativa.



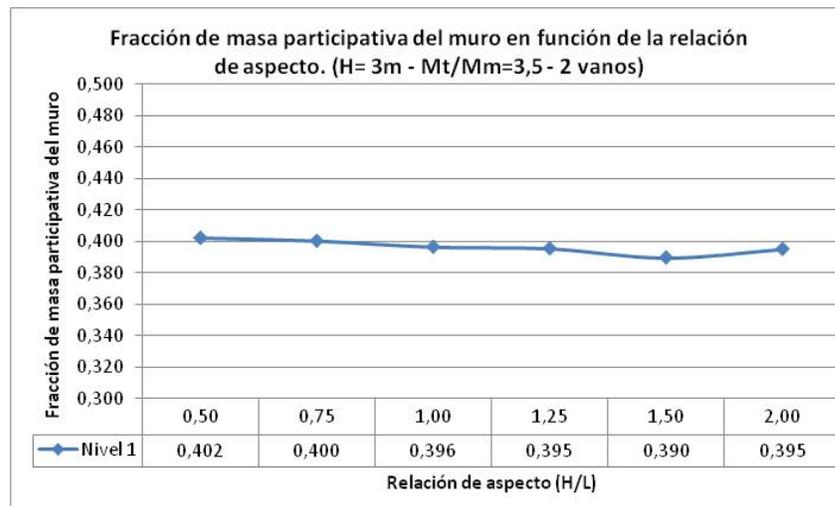
**GRÁFICO IV.40.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,403 y mínimo de 0,394. Puede tomarse 0,399 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,37% para la fracción de masa participativa.



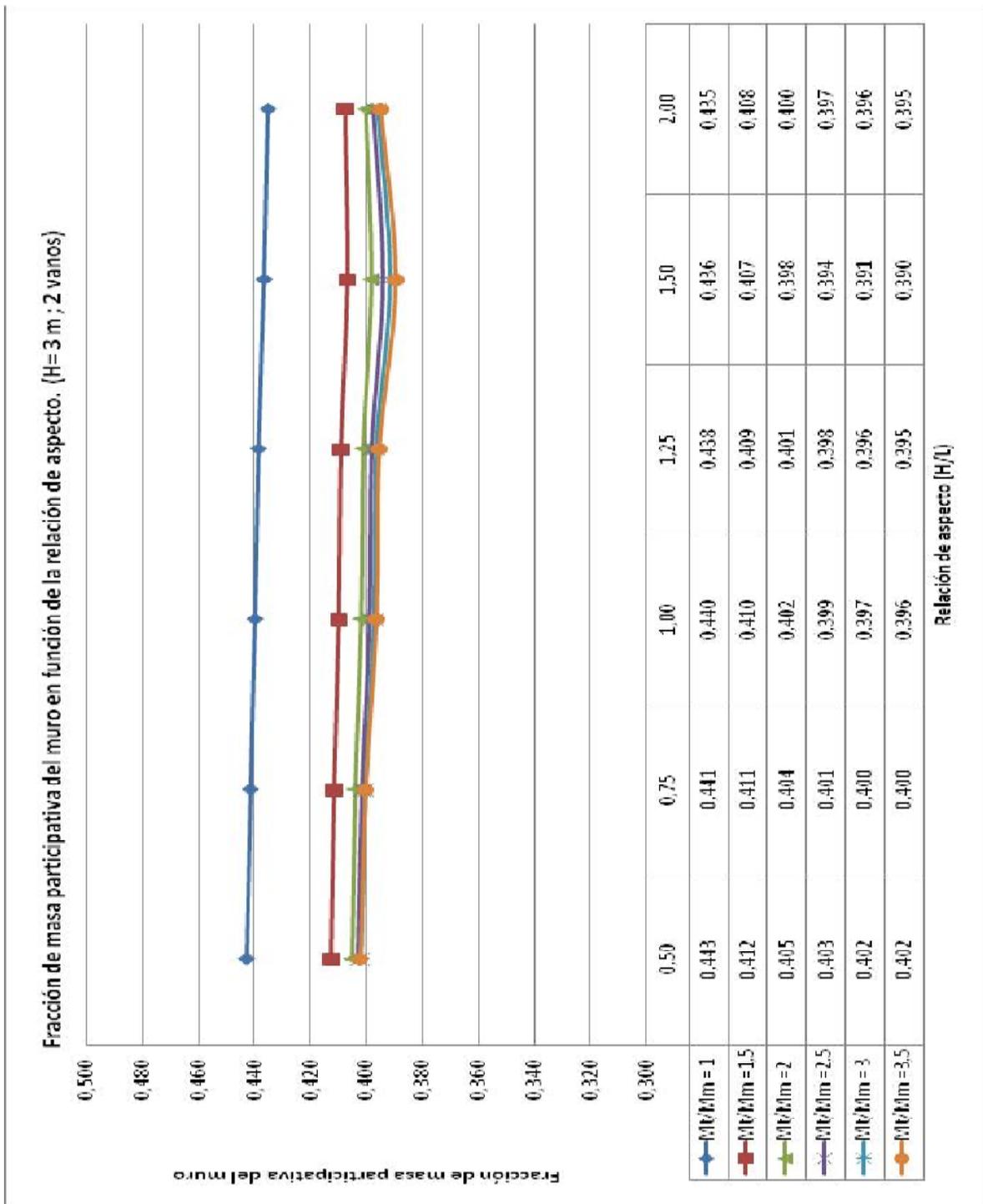
**GRÁFICO IV.41.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,402 y mínimo de 0,391. Puede tomarse 0,397 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,55% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.42.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,402 y mínimo de 0,390. Puede tomarse 0,397 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,79% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.43.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 3m. (Vanos con la misma relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,443 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,390 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

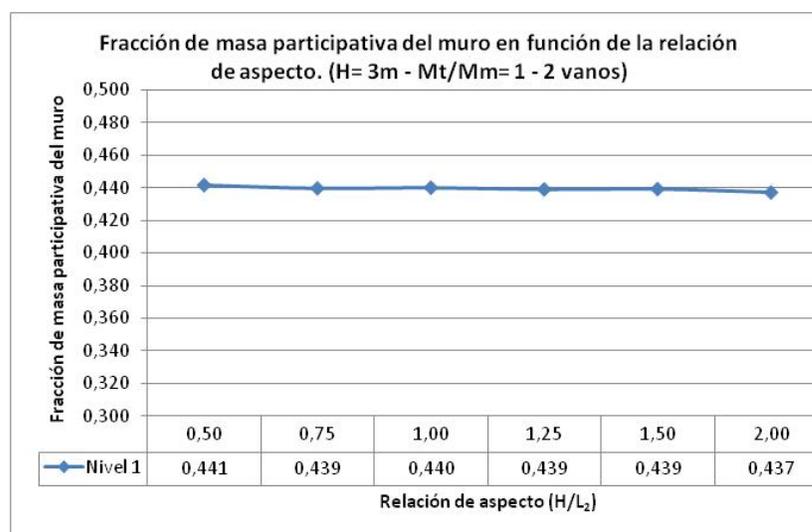
#### IV.2.2.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L)

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura  $H=3\text{m}$ , de dos vanos y un nivel, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 7 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura  $H= 3\text{m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).**

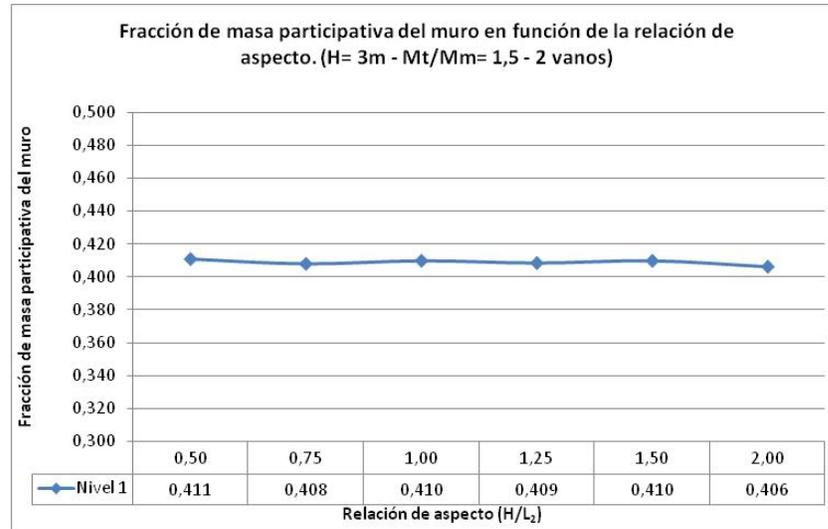
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA $H= 3\text{m}$								
Relación de aspecto			Masa del muro / Masa total					
	$H/L_1$	$H/L_2$	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M123-C1	1,00	0,50	0,441	0,411	0,403	0,400	0,398	0,398
M123-C2	1,00	0,75	0,439	0,408	0,399	0,394	0,392	0,390
M123-C3	1,00	1,00	0,440	0,410	0,402	0,399	0,397	0,396
M123-C4	1,00	1,25	0,439	0,409	0,400	0,397	0,394	0,393
M123-C5	1,00	1,50	0,439	0,410	0,402	0,399	0,398	0,397
M123-C6	1,00	2,00	0,437	0,406	0,397	0,393	0,390	0,388
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,441	0,411	0,403	0,400	0,398	0,398
Valor Min.			0,437	0,406	0,397	0,393	0,390	0,388
Promedio			0,439	0,409	0,401	0,397	0,395	0,394
%diferencia			-1,02	-1,07	-1,35	-1,77	-2,20	-2,58

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.7.



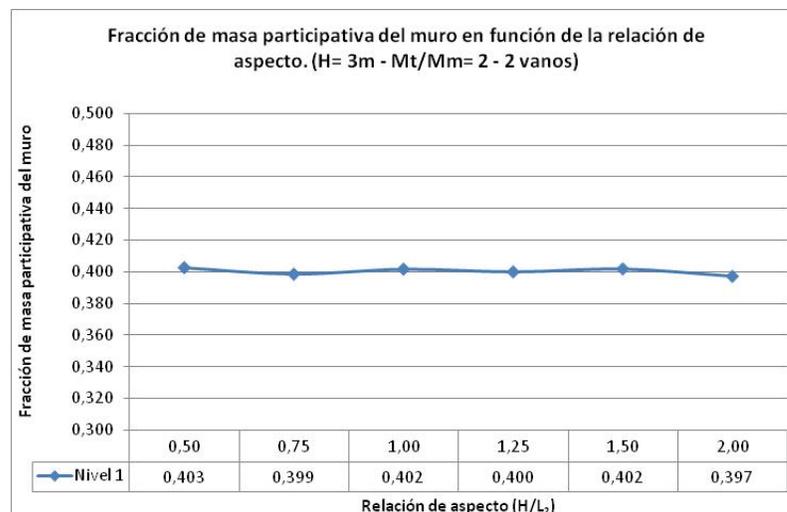
**GRÁFICO IV.44.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,441 y mínimo de 0,437. Puede tomarse 0,439 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,02% para la fracción de masa participativa.



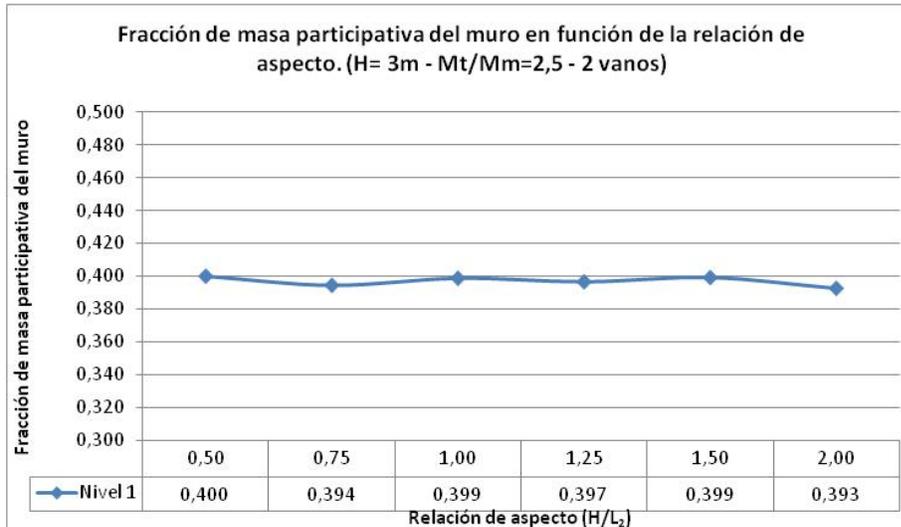
**GRÁFICO IV.45.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,411 y mínimo de 0,406. Puede tomarse 0,409 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,07% para la fracción de masa participativa.



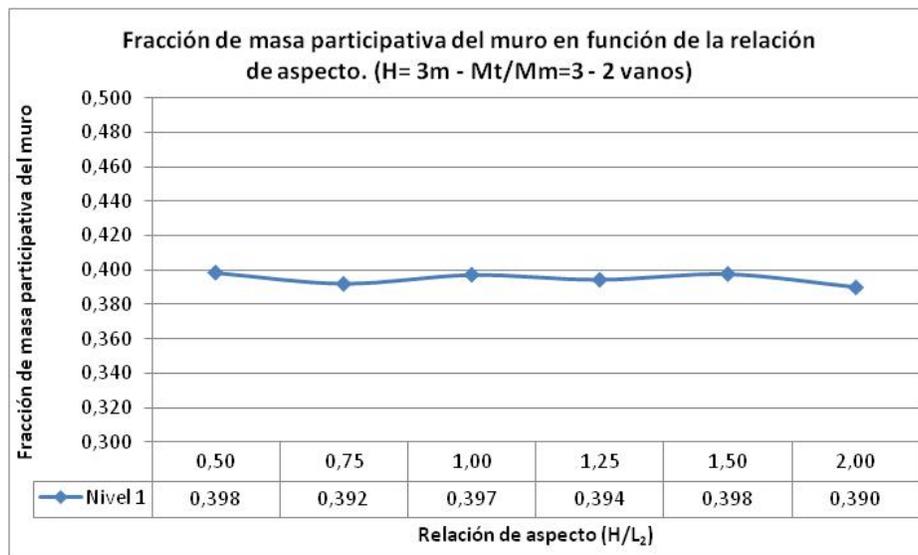
**GRÁFICO IV.46.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,403 y mínimo de 0,397. Puede tomarse 0,401 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,35% para la fracción de masa participativa.



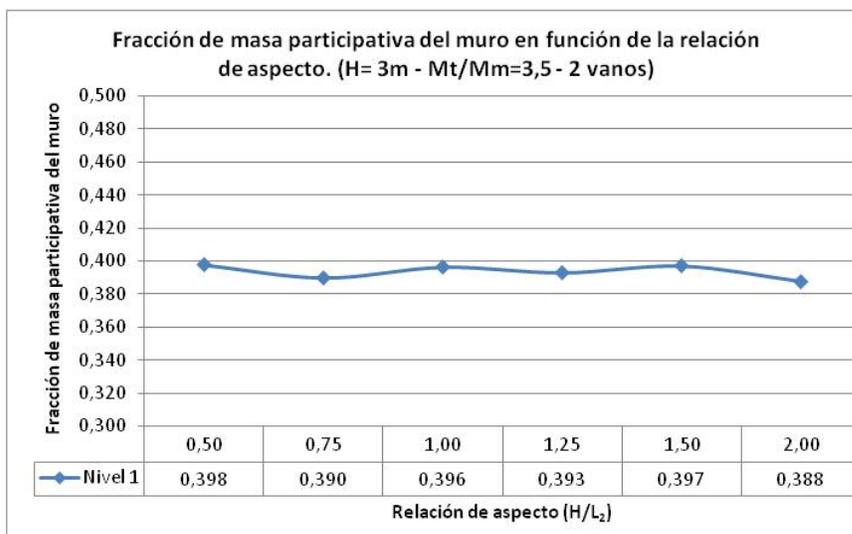
**GRÁFICO IV.47.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,400 y mínimo de 0,393. Puede tomarse 0,397 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,77% para la fracción de masa participativa.



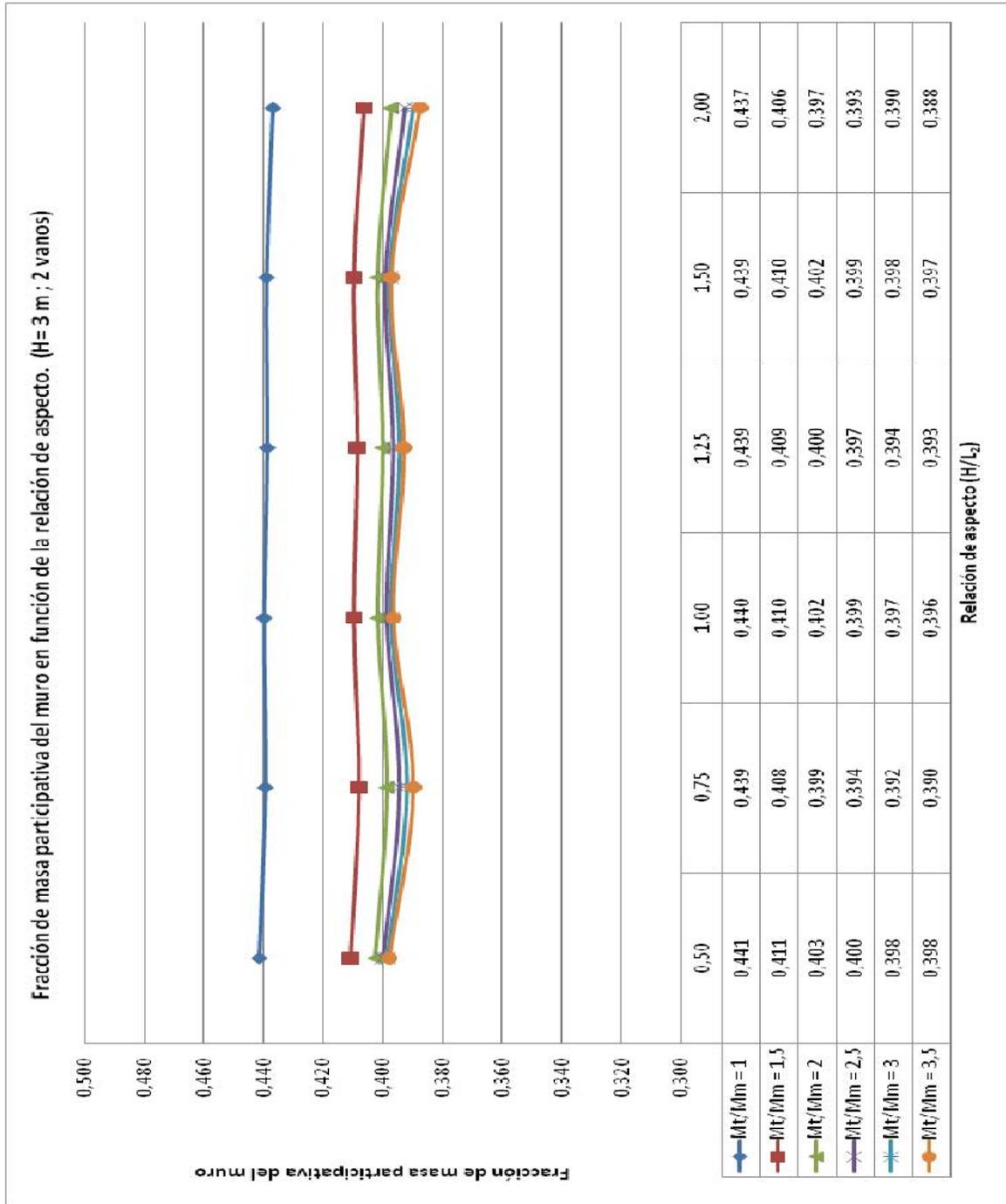
**GRÁFICO IV.48.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,398 y mínimo de 0,390. Puede tomarse 0,395 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,20% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.49.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 3m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,398 y mínimo de 0,388. Puede tomarse 0,394 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -2,58% para la fracción de masa participativa.



**GRAFICO IV.50.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 3m. (Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,441 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,388 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

### IV.2.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=4m, de dos vanos y un nivel.

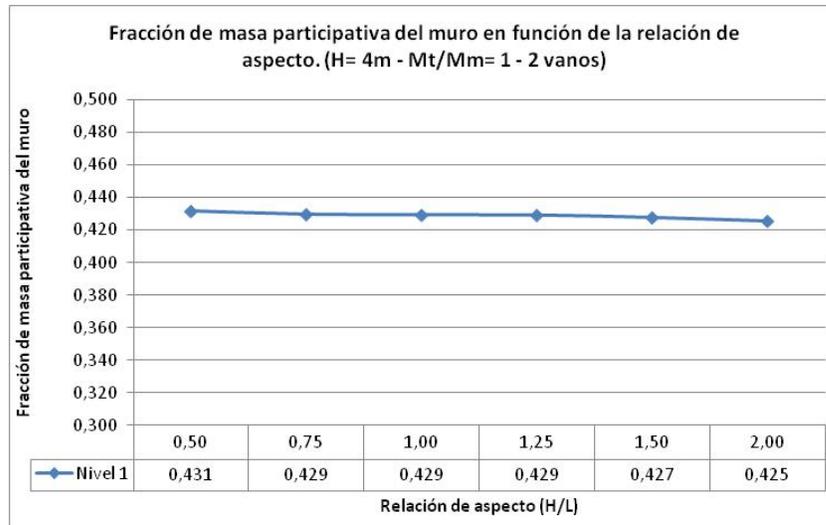
#### IV.2.3.1 Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L)

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=4m, de dos vanos y un nivel, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 8 . Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura H= 4m. (Vanos con la misma relación de aspecto).**

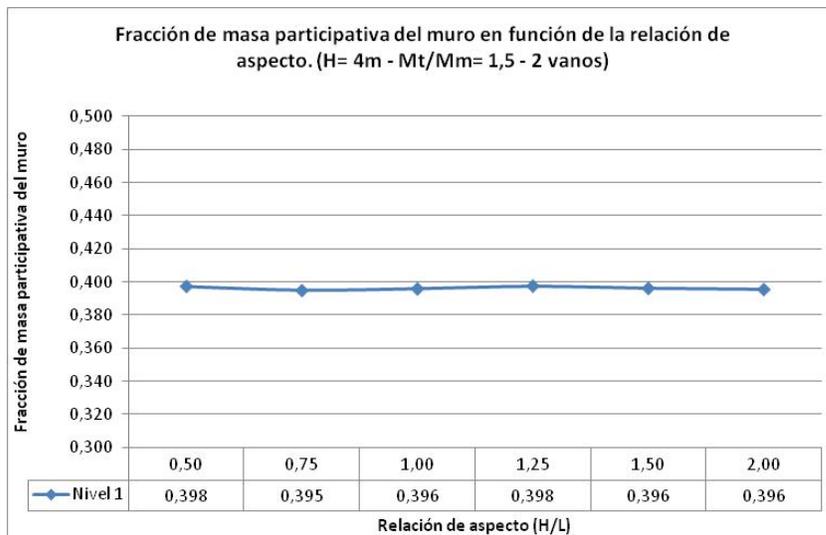
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA H= 4m								
Relación de aspecto			Masa total / Masa muro					
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M124-1	0,50	0,50	0,431	0,398	0,388	0,384	0,382	0,380
M124-2	0,75	0,75	0,429	0,395	0,385	0,379	0,376	0,373
M124-3	1,00	1,00	0,429	0,396	0,387	0,382	0,379	0,377
M124-4	1,25	1,25	0,429	0,398	0,389	0,386	0,384	0,383
M124-5	1,50	1,50	0,427	0,396	0,388	0,384	0,382	0,380
M124-6	2,00	2,00	0,425	0,396	0,387	0,384	0,381	0,380
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,431	0,398	0,389	0,386	0,384	0,383
Valor Min.			0,425	0,395	0,385	0,379	0,376	0,373
Promedio			0,429	0,396	0,387	0,383	0,381	0,379
%diferencia			-1,44	-0,46	-0,19	-0,07	-0,04	-0,07

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.8.



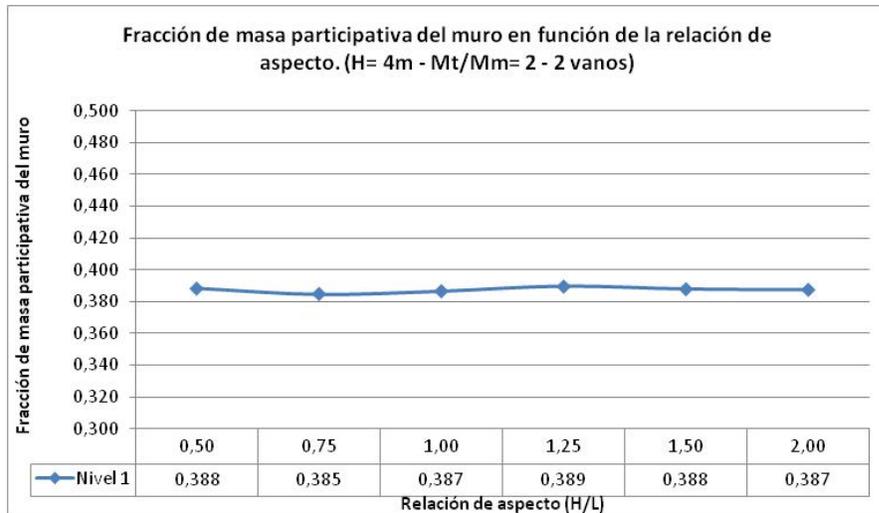
**GRÁFICO IV.51.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=1.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,431 y mínimo de 0,425. Puede tomarse 0,429 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,44% para la fracción de masa participativa.



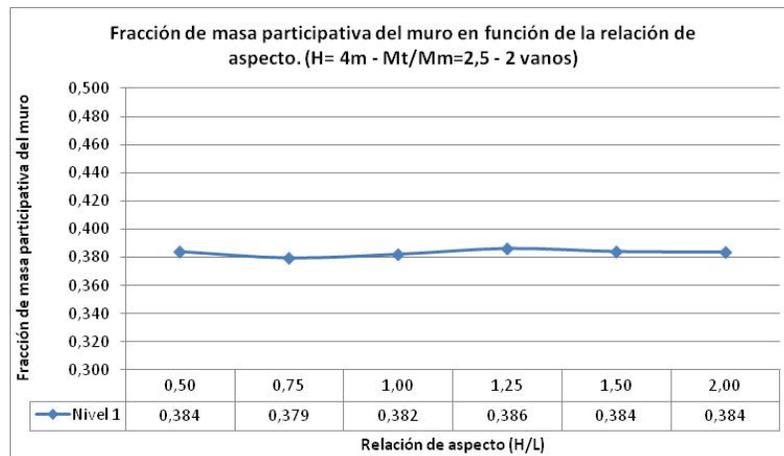
**GRÁFICO IV.52.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,398 y mínimo de 0,395. Puede tomarse 0,396 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,46% para la fracción de masa participativa.



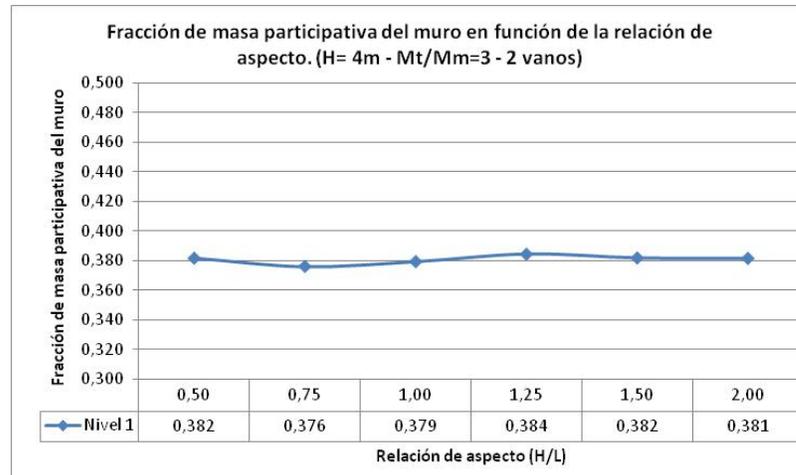
**GRÁFICO IV.53.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,389 y mínimo de 0,385. Puede tomarse 0,387 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,19% para la fracción de masa participativa.



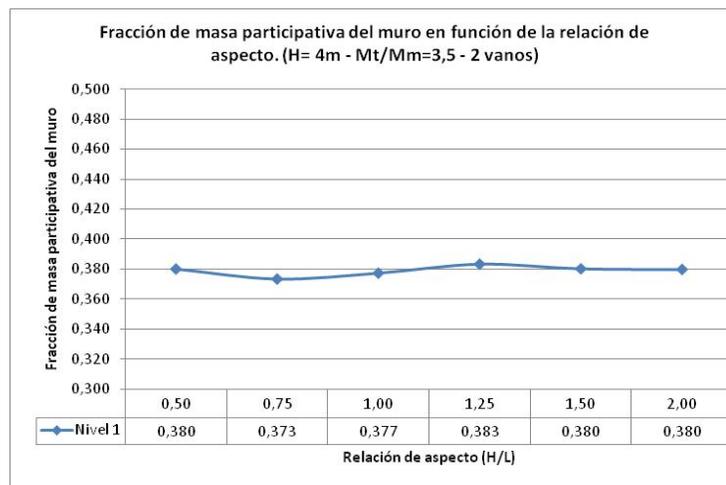
**GRÁFICO IV.54.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,386 y mínimo de 0,379. Puede tomarse 0,383 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,07% para la fracción de masa participativa.



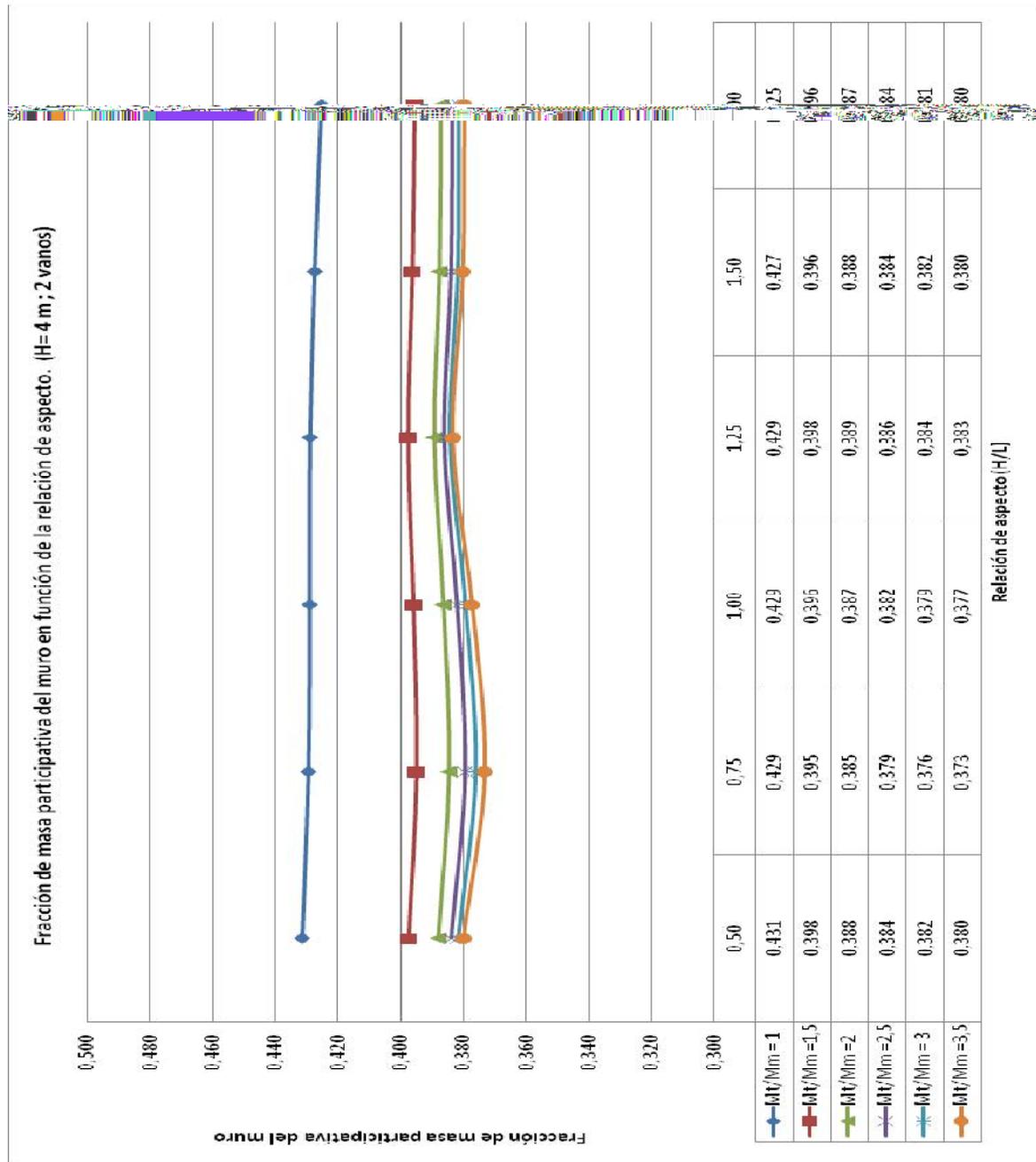
**GRÁFICO IV.55.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,384 y mínimo de 0,376. Puede tomarse 0,381 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,04% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.56.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=3,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,383 y mínimo de 0,373. Puede tomarse 0,379 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,07% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.57.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 4m. (Vanos con la misma relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,431 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,373 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,75$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

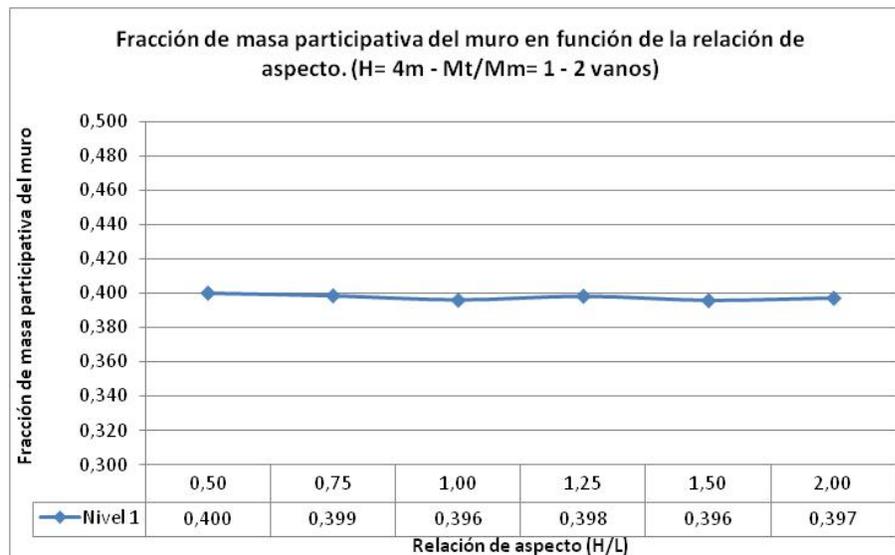
#### IV.2.3.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura  $H=4\text{m}$ , de dos vanos y un nivel, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 9 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vano, un nivel y altura  $H= 4\text{m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).**

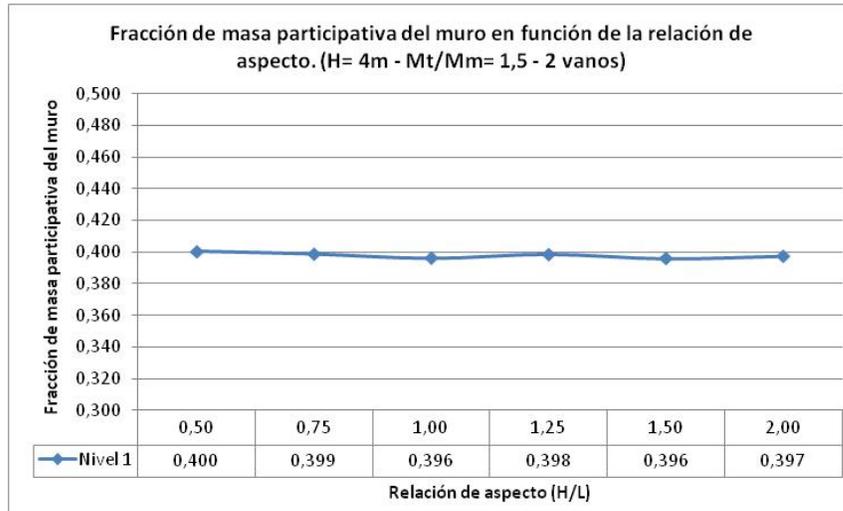
MURO DE DOS VANOS Y ALTURA $H= 4\text{m}$								
Relación de aspecto		Masa total / Masa muro						
H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M124-C1	1,00	0,50	0,432	0,400	0,393	0,390	0,389	0,390
M124-C2	1,00	0,75	0,431	0,399	0,390	0,387	0,386	0,385
M124-C3	1,00	1,00	0,429	0,396	0,387	0,382	0,379	0,377
M124-C4	1,00	1,25	0,430	0,398	0,390	0,387	0,386	0,385
M124-C5	1,00	1,50	0,428	0,396	0,386	0,382	0,379	0,377
M124-C6	1,00	2,00	0,428	0,397	0,389	0,385	0,383	0,382
Fracción de Masa participativa del Muro								
Valor Max.			0,432	0,400	0,393	0,390	0,389	0,390
Valor Min.			0,428	0,396	0,386	0,382	0,379	0,377
Promedio			0,430	0,398	0,389	0,386	0,384	0,383
%diferencia			-0,89	-0,74	-0,96	-1,23	-1,57	-1,85

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.9.



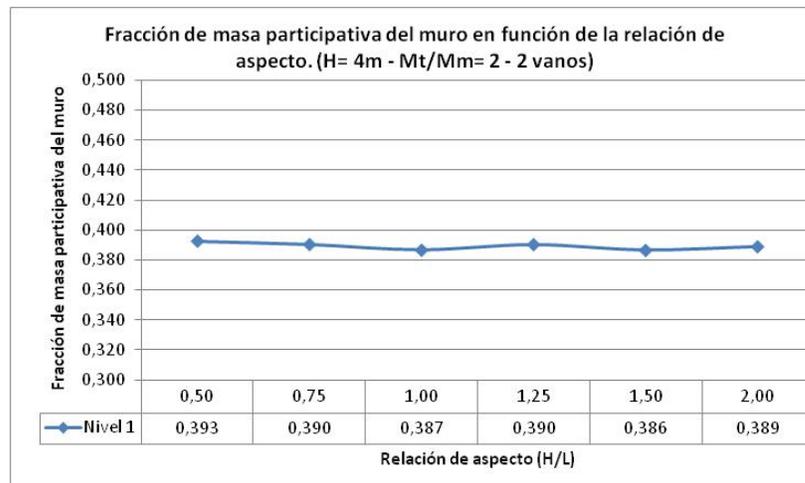
**GRÁFICO IV.58.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,432 y mínimo de 0,428. Puede tomarse 0,430 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,89% para la fracción de masa participativa.



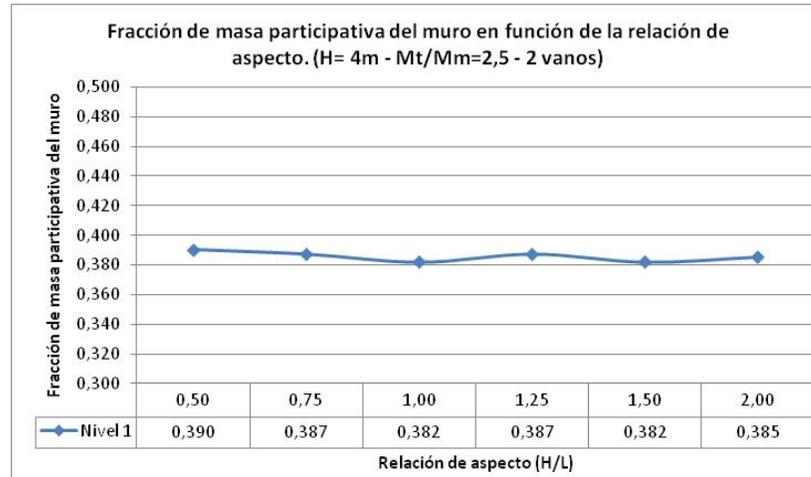
**GRÁFICO IV.59.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=1,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,400 y mínimo de 0,396. Puede tomarse 0,398 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,74% para la fracción de masa participativa.



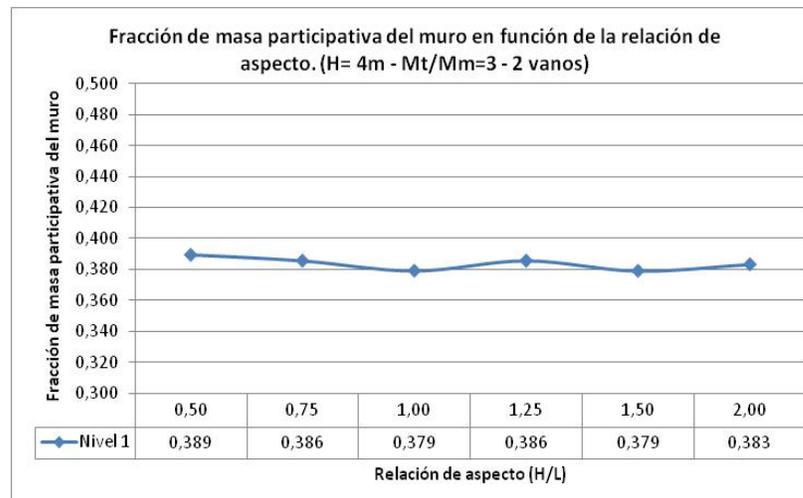
**GRÁFICO IV.60.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,393 y mínimo de 0,386. Puede tomarse 0,389 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -0,96% para la fracción de masa participativa.



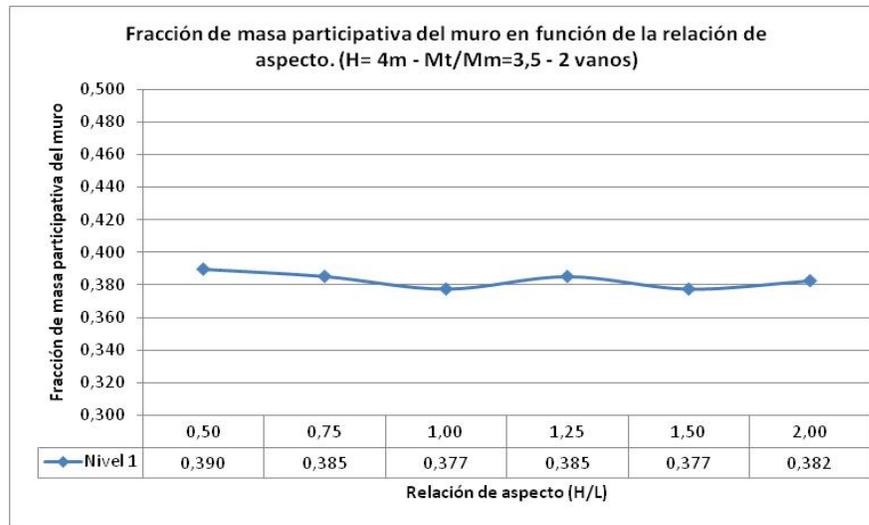
**GRÁFICO IV.61.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=2,5.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,390 y mínimo de 0,382. Puede tomarse 0,386 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,23% para la fracción de masa participativa.



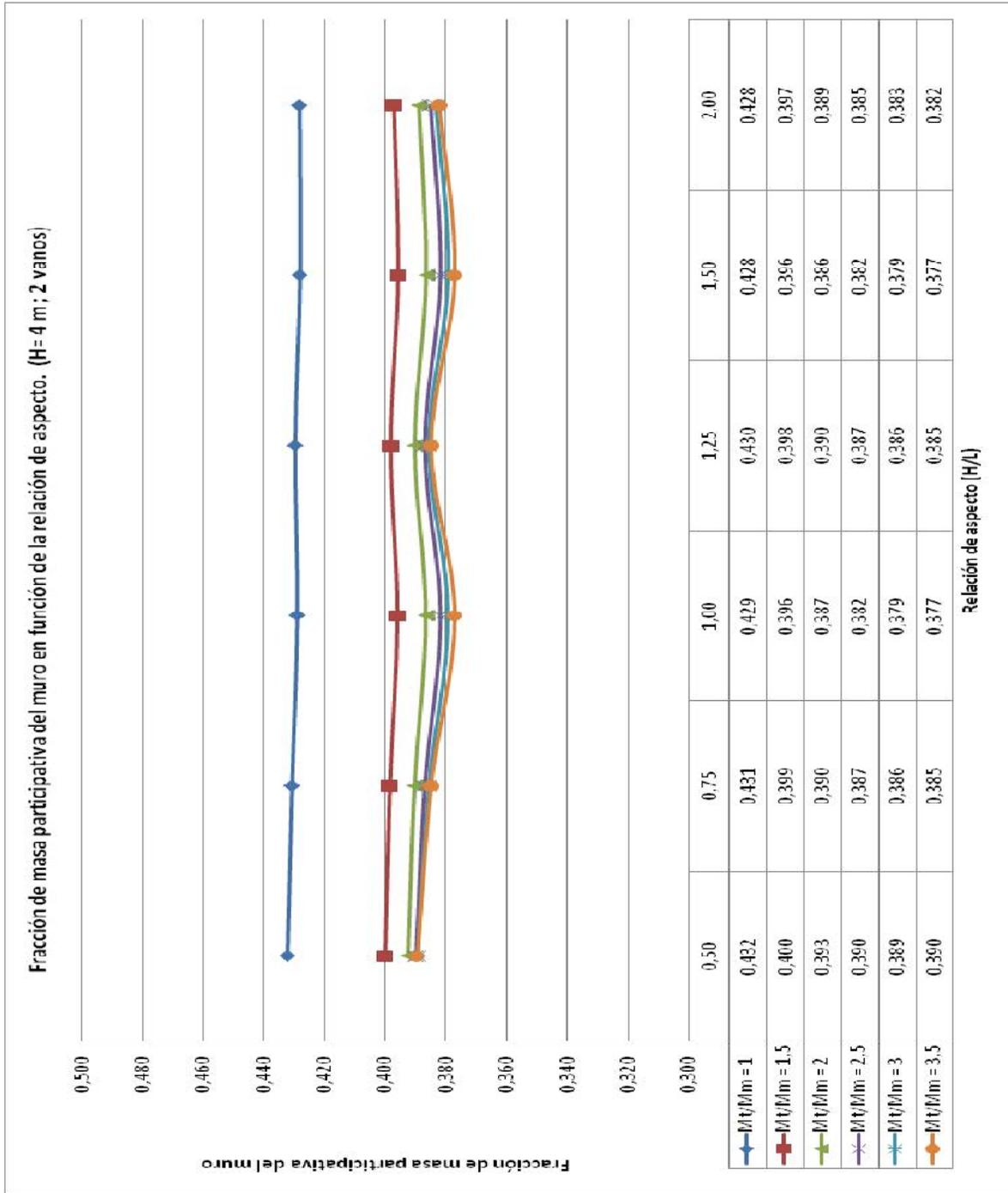
**GRÁFICO IV.62.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto. H= 4m, Mt/Mm=3.

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,389 y mínimo de 0,379. Puede tomarse 0,384 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,57% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.63.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y un nivel en función de la relación de aspecto.  $H= 4m$ ,  $M_t/M_m=3,5$ .

Se observa un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,390 y mínimo de 0,377. Puede tomarse 0,383 como valor promedio. Además se observa un valor de diferencia del -1,85% para la fracción de masa participativa.



**GRÁFICO IV.64.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y un nivel estudiados en función de la relación de aspecto. H= 4m. (Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y altura  $H= 4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

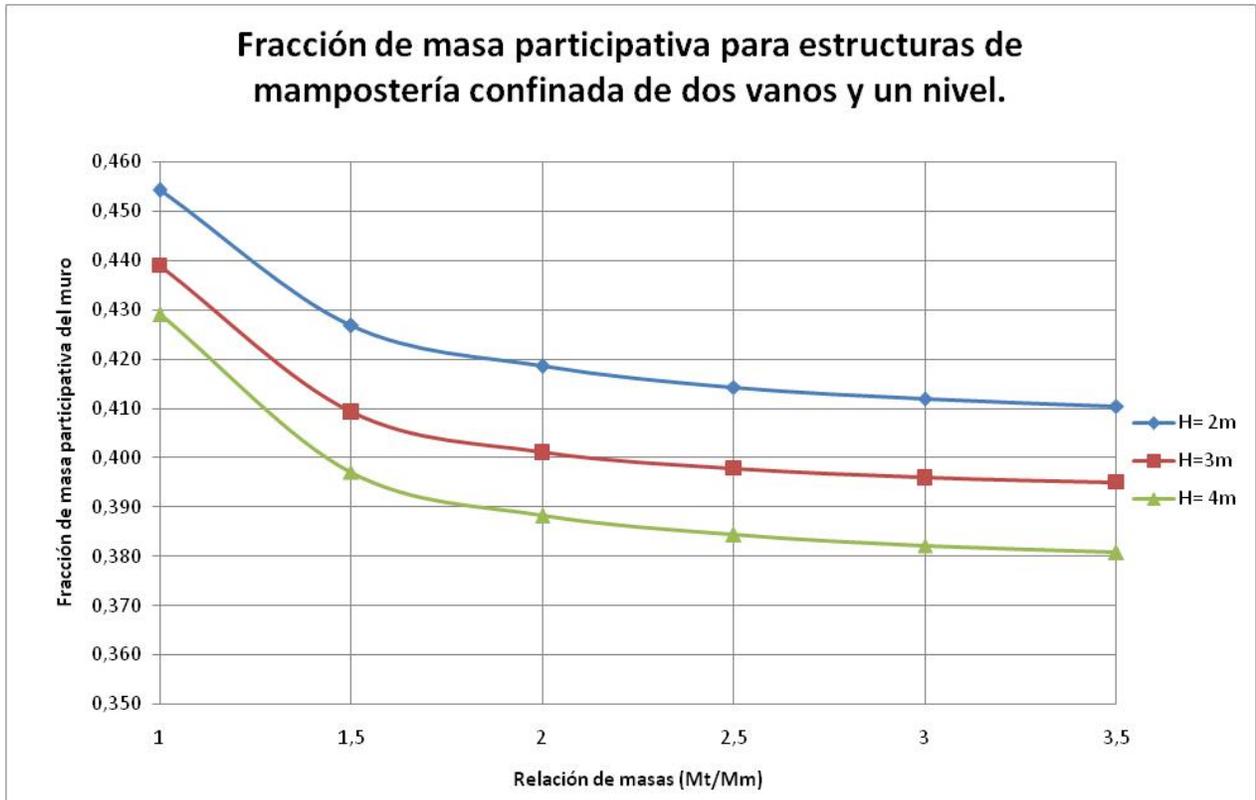
1. La variación de la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La variación de la fracción de masa participativa en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) es mayor que la observada en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ). Para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. El mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,432 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,377 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### **IV.2.4. Análisis de resultados para muros de dos vanos y un nivel.**

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una serie de estructuras de mampostería confinada de dos vanos, un nivel y alturas respectivamente de  $H= 2\text{m}$ ,  $3\text{m}$  y  $4\text{m}$ . Variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde  $0,5$  a  $2$  y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde  $1$  a  $3,5$ . Además se modelaron muros donde ambos vanos presentaban la misma relación de aspecto ( $H/L$ ) y muros con vanos de distinta relación de aspecto. A partir del análisis de todos los gráficos correspondientes al resultado de la estimación de la fracción de masa participativa de cada muro se observa lo siguiente:

1. En todos los casos independientemente de la altura del muro, la variación de la fracción de masa participativa es mayor en función de la variación de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) en comparación con la que experimenta en función de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) del muro.
2. En todos los casos para la menor relación de masas ( $M_t/M_m=1$ ) se obtienen los mayores valores de la fracción de masa participativa del muro, para la mayor relación de masas ( $M_t/M_m=3,5$ ) se obtienen los menores valores de la fracción de masa participativa. Es decir que a medida que se aumenta la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) disminuye el valor de la fracción de masa participativa.
3. Al comparar el valor de la fracción de masa participativa para muros de ambos vanos de la misma relación de aspecto ( $H/L$ ) y muros con vanos de distinta relación de aspecto, se observa que la diferencia es poca, es decir, la fracción de masa participativa depende mayormente de la relación de masas del muro ( $M_t/M_m$ ) y la altura del mismo. No depende de la relación de aspecto ( $H/L$ ) de los vanos del muro.
4. Para muros de mayor altura se observa que la fracción de masa participativa del muro es menor que en los muros de menor altura.

A continuación se recomienda gráfico para hallar la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y altura (H) del mismo. Los valores de la fracción de masa participativa se obtienen promediando para muros de una misma altura los valores para distintas relaciones de aspecto (H/L).



**GRÁFICO IV.65.** Fracción de masa participativa para muros de dos vanos y un nivel en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y la altura del muro.

### IV.3. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE UN VANO Y DOS NIVELES.

A continuación se presentan los resultados del estudio de los modelos computacionales para estructuras de mampostería confinada de un vano y dos niveles, se estudian por separado los muros de altura por nivel (H): 2m, 3m y 4m. En el anexo 3 pueden observarse con detalle los distintos muros modelados.

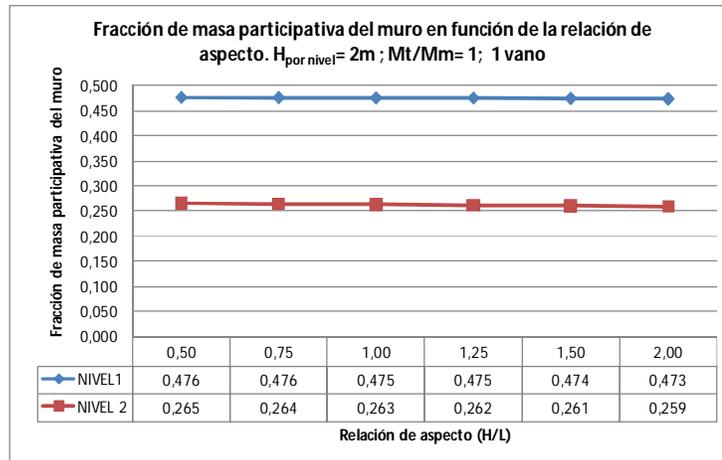
#### IV.3.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=2m, de un vano y dos niveles.

**TABLA IV. 10 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura H= 2m.**

MURO DE UN VANO, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 2m													
Relación de a.	Masa total / Masa muro							Masa total / Masa muro					
	H/L	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M212-1	0,50	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,259	0,257	0,255	0,254	0,254
M212-2	0,75	0,476	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,264	0,258	0,256	0,254	0,253	0,253
M212-3	1,00	0,475	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,263	0,257	0,255	0,254	0,253	0,252
M212-4	1,25	0,475	0,474	0,473	0,473	0,473	0,473	0,262	0,256	0,254	0,252	0,251	0,251
M212-5	1,50	0,474	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,261	0,256	0,254	0,252	0,252	0,252
M212-6	2,00	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,259	0,254	0,252	0,251	0,250	0,249
Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)							Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)						
Valor Max.	0,476	0,474	0,473	0,473	0,473	0,473	0,473	0,265	0,259	0,257	0,255	0,254	0,254
Valor Min.	0,473	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,259	0,254	0,252	0,251	0,250	0,249
Promedio	0,475	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,263	0,257	0,254	0,253	0,252	0,252
%diferencia	-0,54	-0,21	-0,13	-0,05	-0,02	-0,04	-0,04	-2,26	-1,97	-1,84	-1,78	-1,74	-1,72

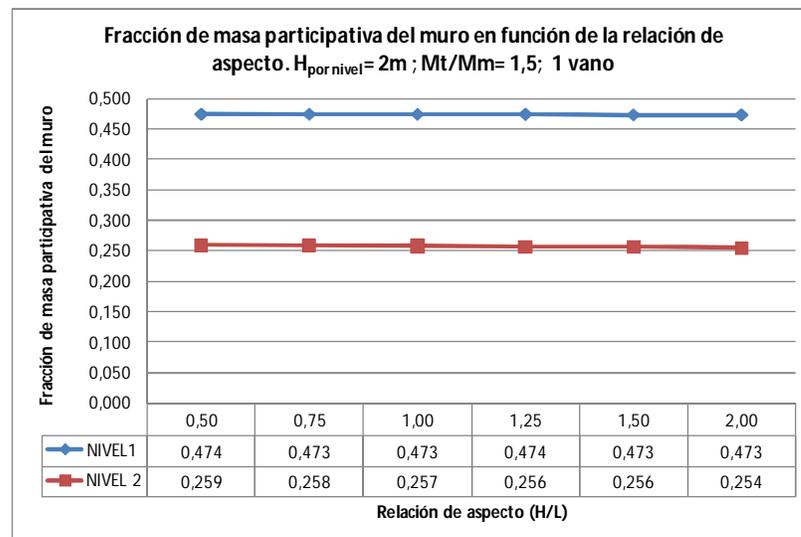
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.10.



**GRÁFICO IV.66.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}=2\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,54% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,476 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,475 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

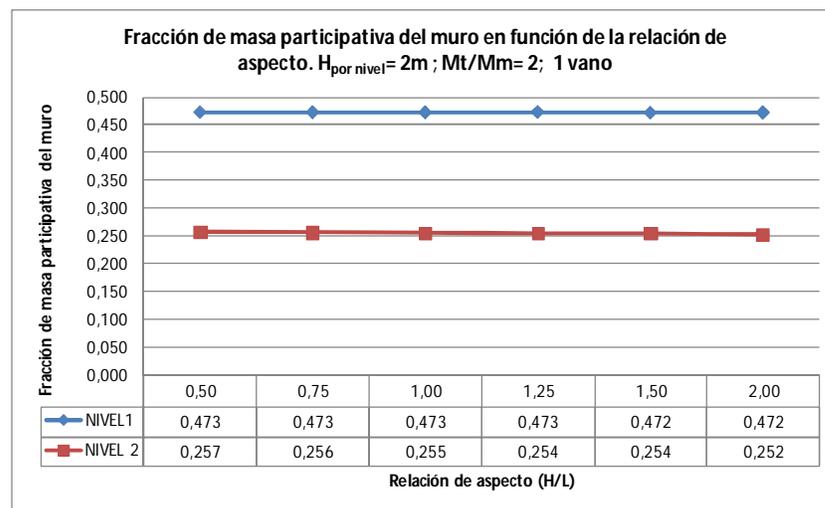
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -2,26% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,265 y mínimo de 0,259. Puede tomarse para este nivel 0,263 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.67.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}=2\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,21% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,474 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

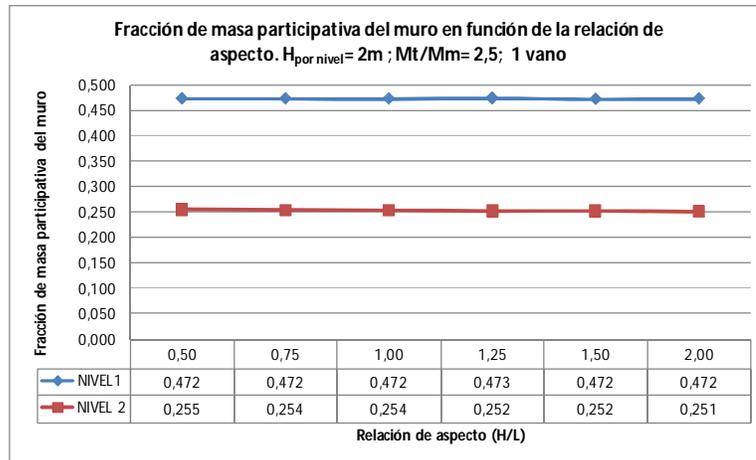
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,97% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,259 y mínimo de 0,254. Puede tomarse para este nivel 0,257 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.68.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,13% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

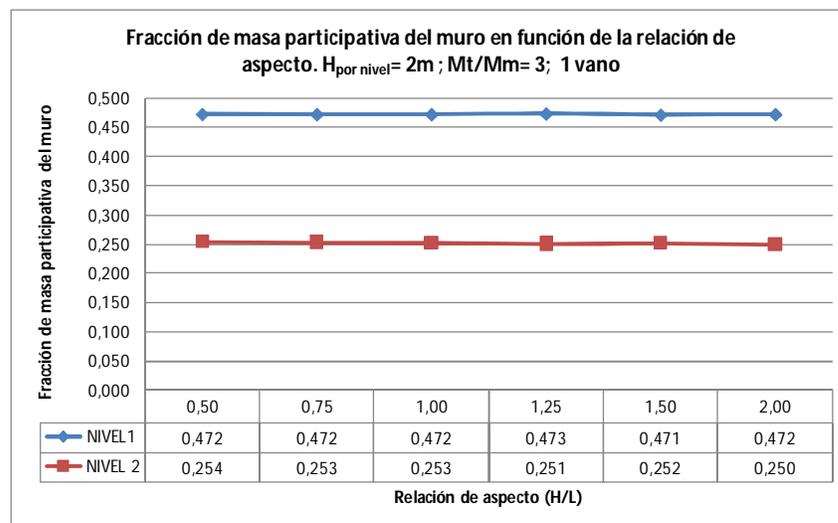
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,84% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,252. Puede tomarse para este nivel 0,254 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.69.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{m}$ ,  $Mt/Mm = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,05\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,473$  y mínimo de  $0,472$ . Puede tomarse para este nivel  $0,472$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

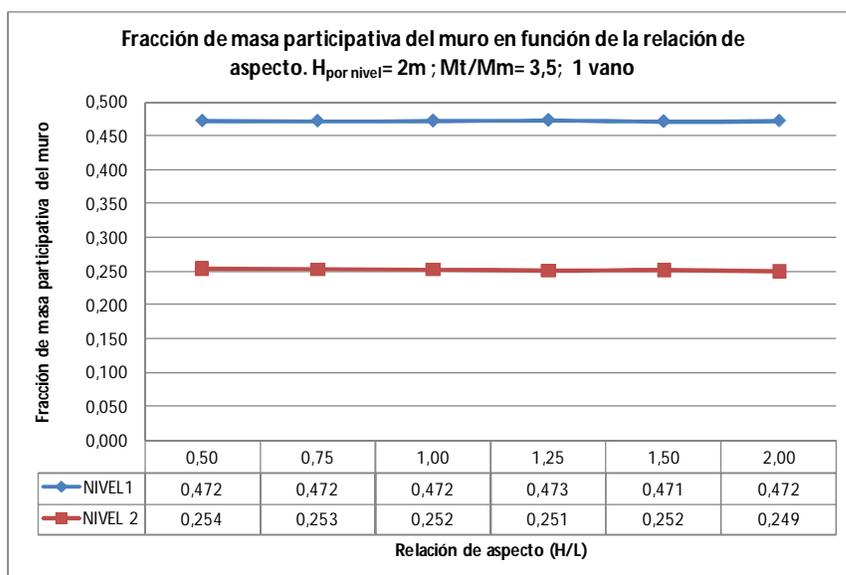
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-1,78\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,255$  y mínimo de  $0,251$ . Puede tomarse para este nivel  $0,253$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.70.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{m}$ ,  $Mt/Mm = 3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,02% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

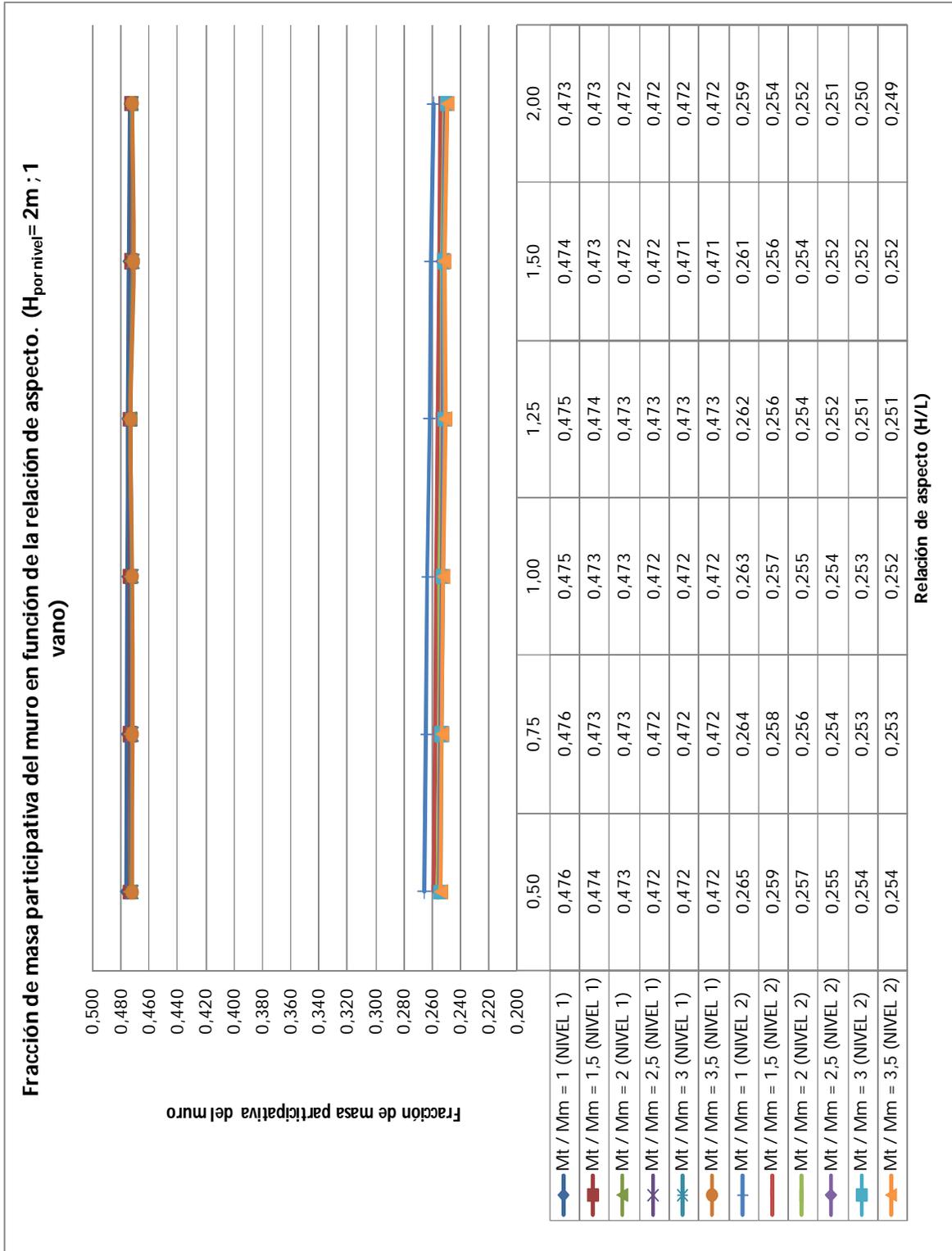
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,74% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,254 y mínimo de 0,250. Puede tomarse para este nivel 0,252 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.71.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,04% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,72% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,254 y mínimo de 0,249. Puede tomarse para este nivel 0,252 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.72.** Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 2m$ .

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, dos niveles y altura por nivel de  $H= 2\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 3%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,476 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,471 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,265 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,249 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

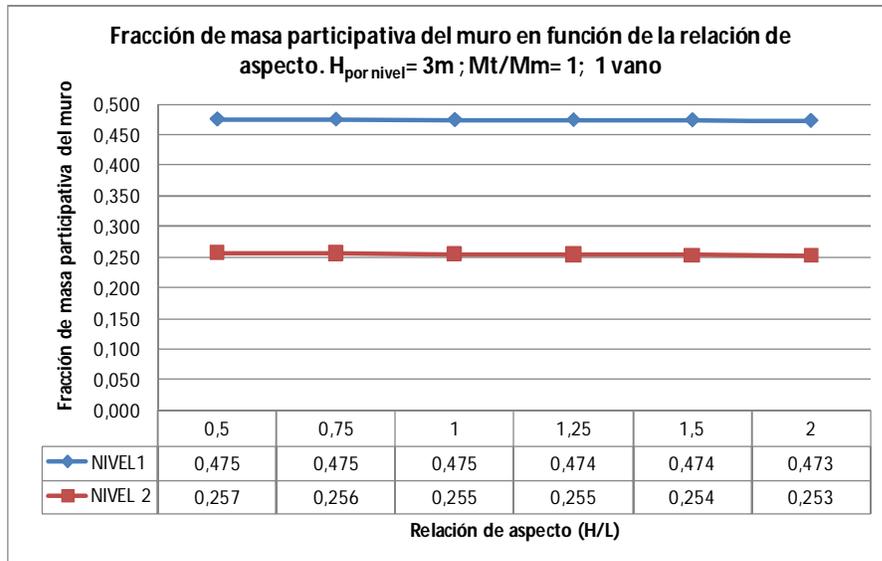
### IV.3.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=3m, de un vano y dos niveles.

**TABLA IV. 11 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura H= 3m.**

MURO DE UN VANO, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 3m													
Relación de a.	H/L	Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro					
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M213-1	0,5	0,475	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,245
M213-2	0,75	0,475	0,473	0,472	0,472	0,472	0,471	0,256	0,249	0,247	0,246	0,245	0,244
M213-3	1	0,475	0,473	0,472	0,472	0,472	0,471	0,255	0,249	0,246	0,245	0,244	0,244
M213-4	1,25	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,255	0,248	0,246	0,244	0,243	0,243
M213-5	1,5	0,474	0,473	0,473	0,473	0,473	0,473	0,254	0,247	0,245	0,243	0,242	0,242
M213-6	2	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,253	0,247	0,245	0,243	0,243	0,242
		Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)					
Valor Max.		0,475	0,473	0,473	0,473	0,473	0,473	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,245
Valor Min.		0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,253	0,247	0,245	0,243	0,242	0,242
Promedio		0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,255	0,248	0,246	0,245	0,244	0,243
%diferencia		-0,50	-0,20	-0,09	-0,10	-0,09	-0,07	-1,77	-1,40	-1,20	-1,09	-1,03	-0,97

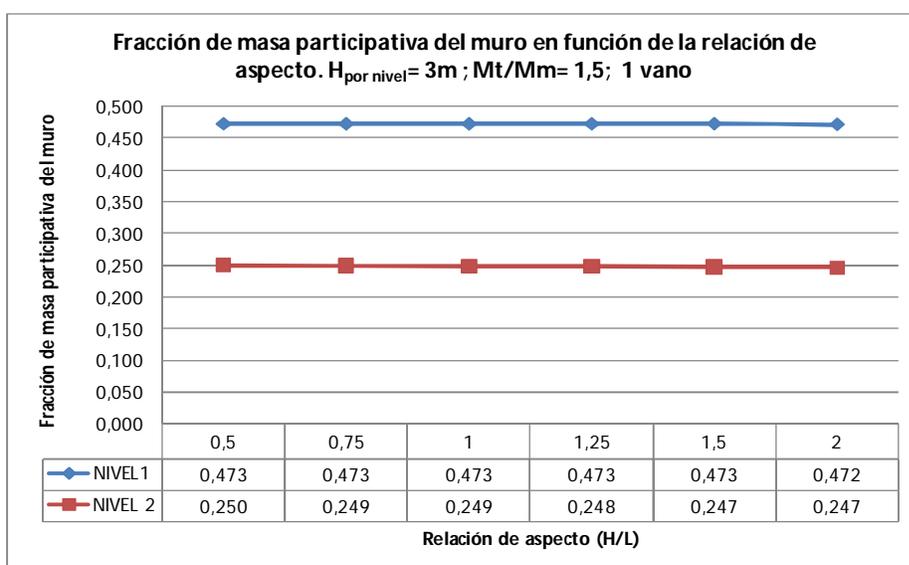
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.11.



**GRÁFICO IV.73.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto. H<sub>Por nivel</sub>= 3m, Mt/Mm=1.

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,50% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,475 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,474 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

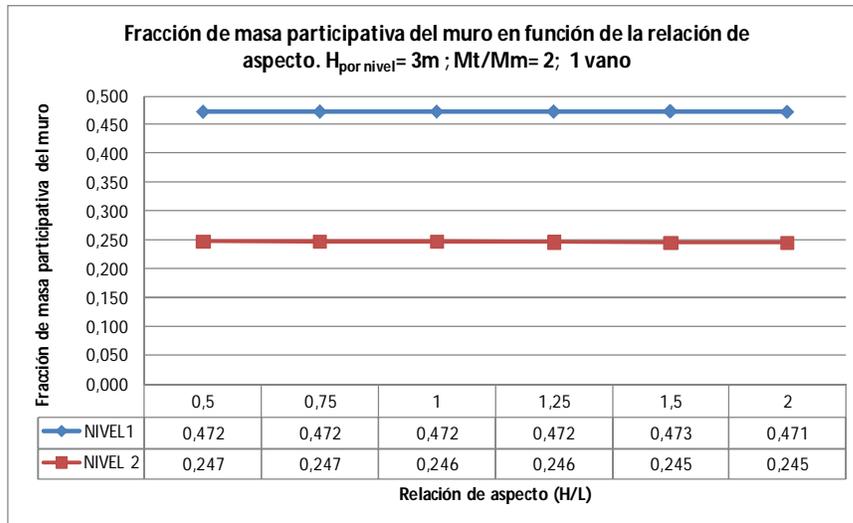
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,77% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,253. Puede tomarse para este nivel 0,255 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.74.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,20% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

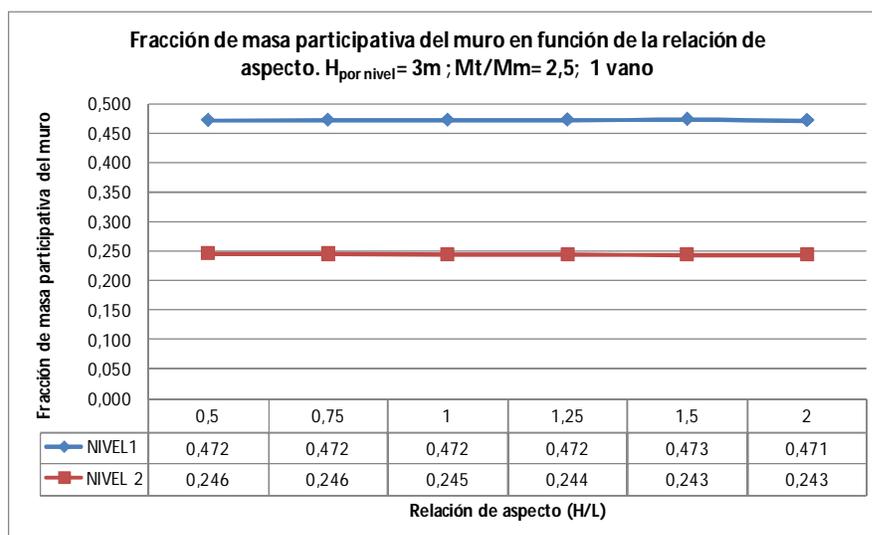
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,40% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,250 y mínimo de 0,247. Puede tomarse para este nivel 0,248 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.75.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,09\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,473$  y mínimo de  $0,471$ . Puede tomarse para este nivel  $0,472$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

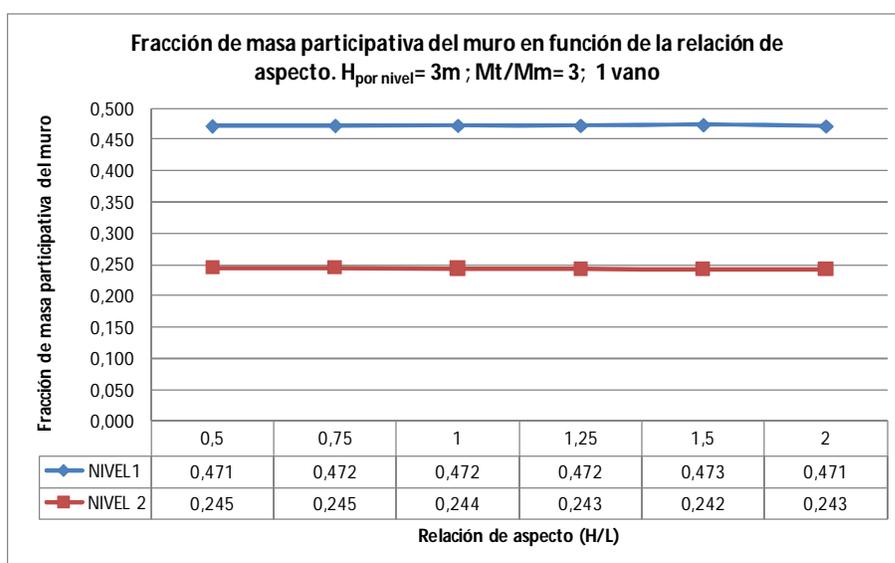
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-1,20\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,247$  y mínimo de  $0,245$ . Puede tomarse para este nivel  $0,246$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.76.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,10% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

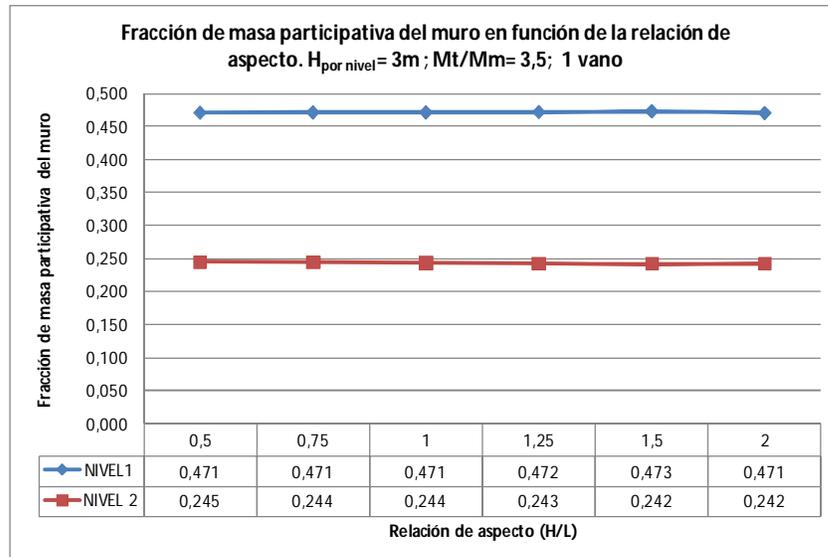
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,09% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,246 y mínimo de 0,243. Puede tomarse para este nivel 0,245 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.77.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,09% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

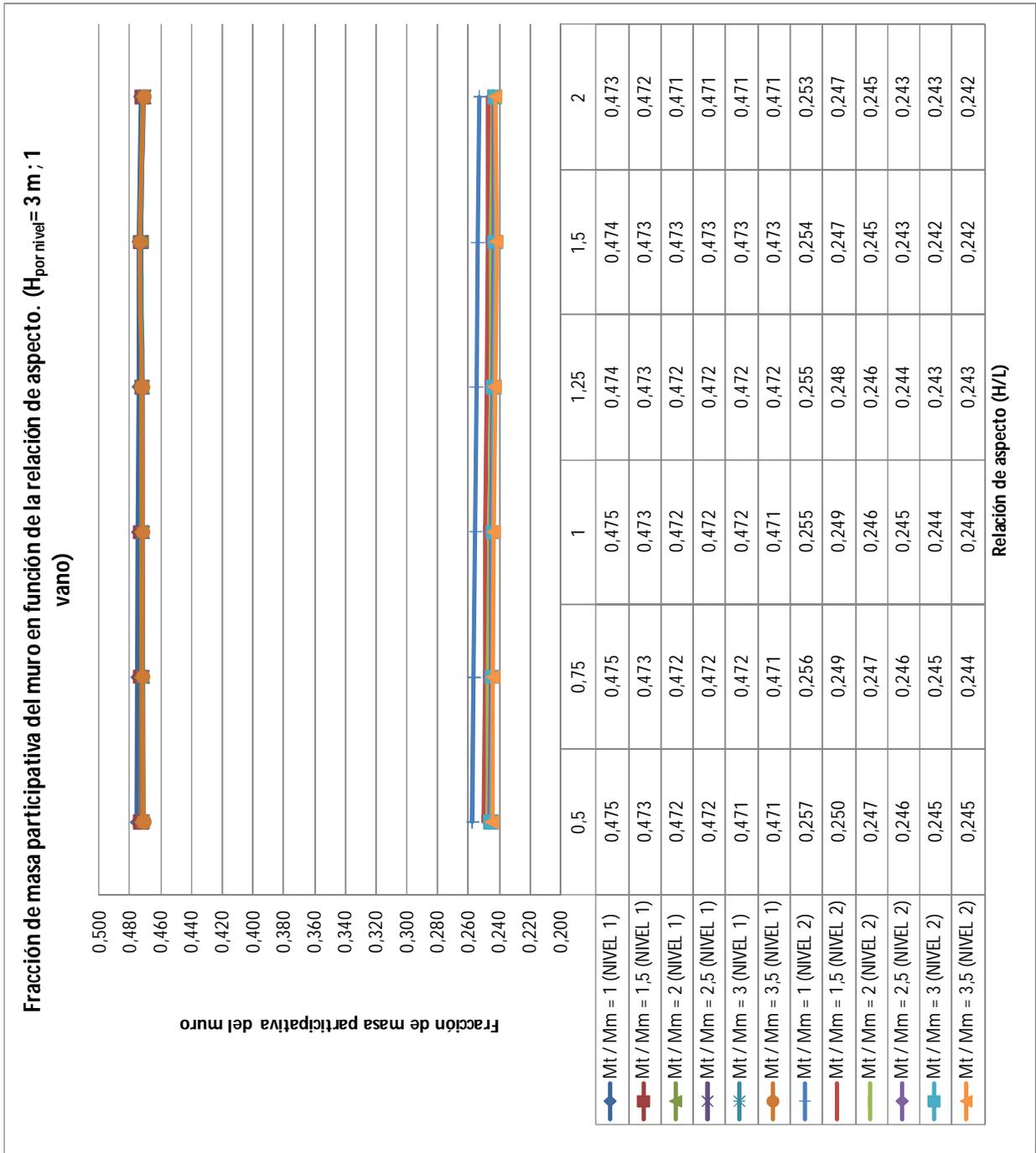
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,03% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,242. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.78.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,07\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,473$  y mínimo de  $0,471$ . Puede tomarse para este nivel  $0,472$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,97\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,245$  y mínimo de  $0,242$ . Puede tomarse para este nivel  $0,243$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.79.** Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 3 \text{ m}$ .

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, dos niveles y altura por nivel de  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,475 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,471 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,257 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,242 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

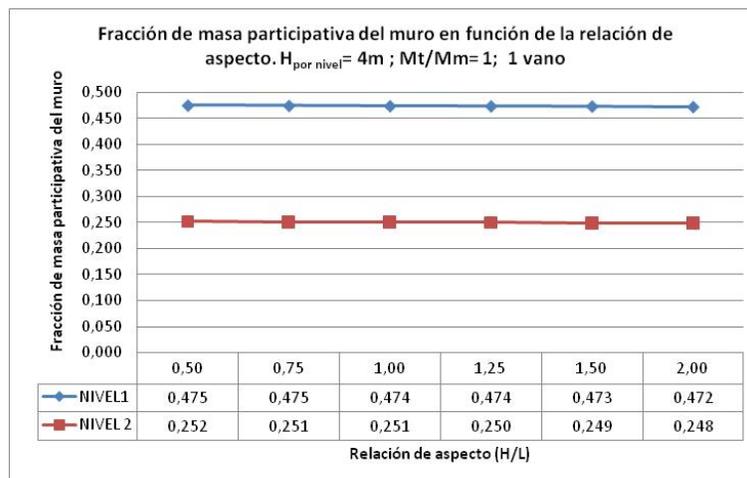
### IV.3.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=4m, de un vano y dos niveles.

**TABLA IV. 12 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de un vano, dos niveles y altura H= 4m.**

MURO DE UN VANO, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 4m													
Relación de a.	Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro						
	H/L	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M214-1	0,50	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,239	0,239
M214-2	0,75	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239
M214-3	1,00	0,474	0,472	0,471	0,470	0,470	0,470	0,251	0,244	0,241	0,240	0,240	0,239
M214-4	1,25	0,474	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,250	0,243	0,241	0,240	0,239	0,238
M214-5	1,50	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,249	0,243	0,240	0,239	0,238	0,238
M214-6	2,00	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,471	0,248	0,242	0,240	0,239	0,238	0,238
Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)							Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)						
Valor Max.		0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,240	0,239
Valor Min.		0,472	0,471	0,471	0,470	0,470	0,470	0,248	0,242	0,240	0,239	0,238	0,238
Promedio		0,474	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,250	0,244	0,241	0,240	0,239	0,238
%diferencia		-0,59	-0,25	-0,16	-0,13	-0,10	-0,10	-1,38	-0,91	-0,67	-0,52	-0,45	-0,36

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.12.

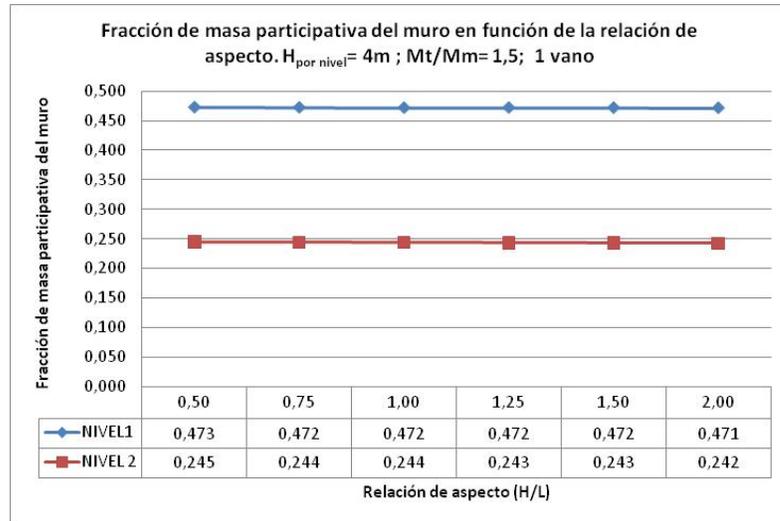


**GRÁFICO IV.80.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto. H<sub>Por nivel</sub>= 4m, Mt/Mm=1.

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,59% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,475 y

mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,474 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

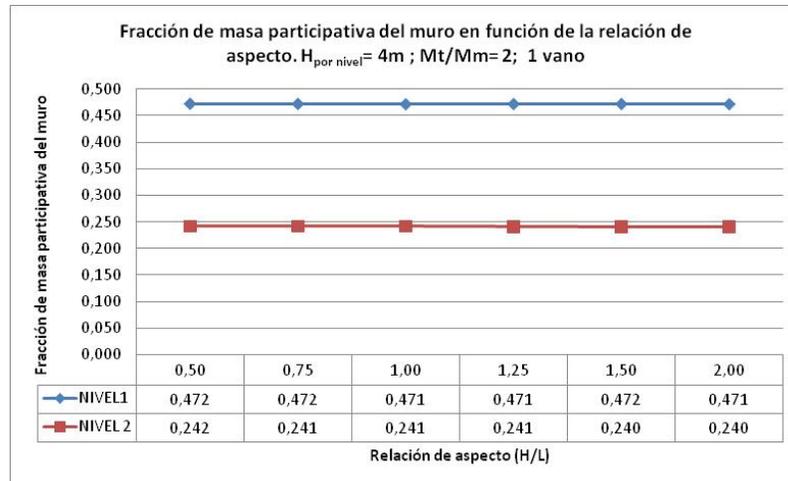
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,38% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,252 y mínimo de 0,248. Puede tomarse para este nivel 0,250 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.81.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,25% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

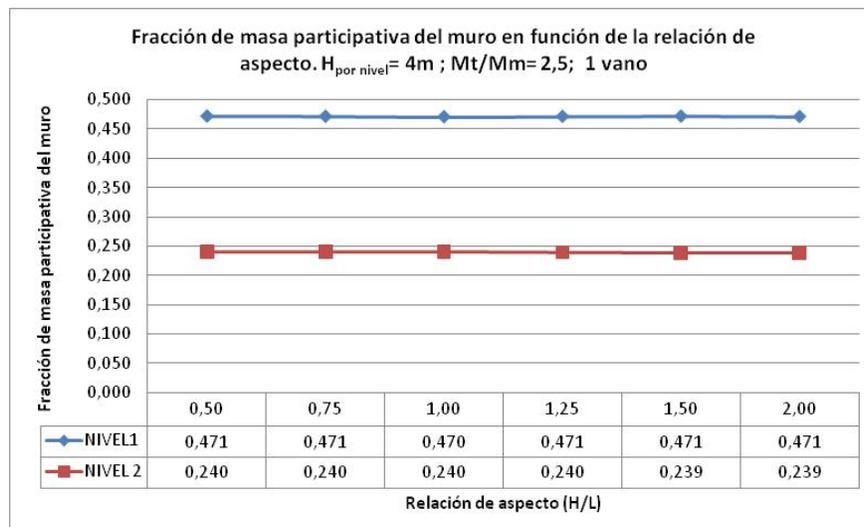
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,91% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,242. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.82.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $Mt/Mm = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,16\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,472$  y mínimo de  $0,471$ . Puede tomarse para este nivel  $0,471$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

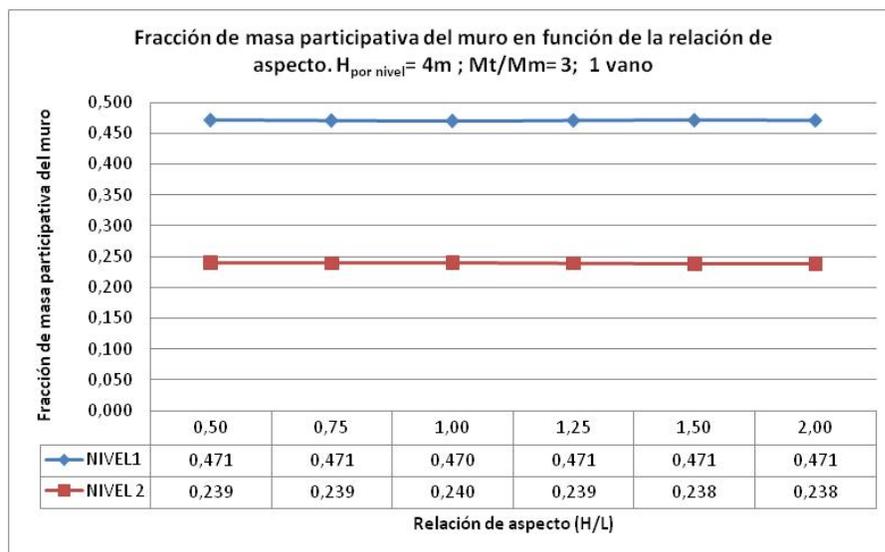
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,67\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,242$  y mínimo de  $0,240$ . Puede tomarse para este nivel  $0,241$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.83.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $Mt/Mm = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,13% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,471 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

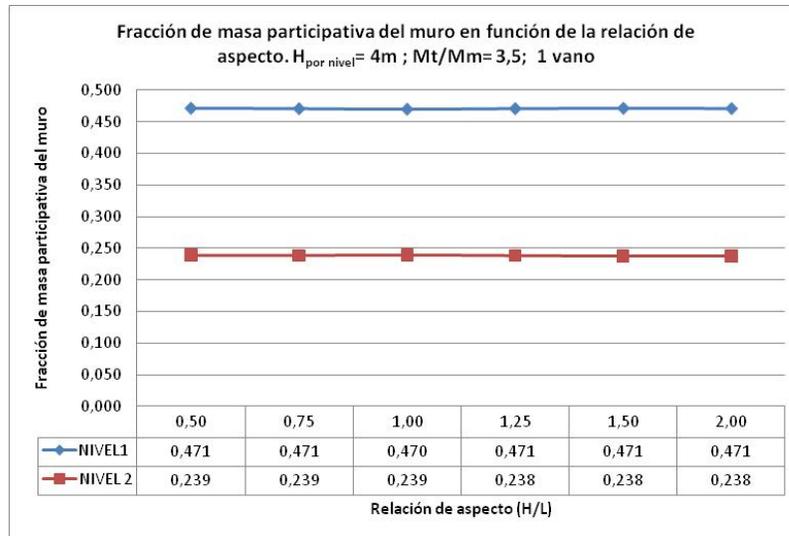
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,52% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,239. Puede tomarse para este nivel 0,240 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.84.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}= 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m=3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,10% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,471 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,45% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,238. Puede tomarse para este nivel 0,239 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.85.** Fracción de masa participativa del muro de un vano y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,10\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,471$  y mínimo de  $0,470$ . Puede tomarse para este nivel  $0,471$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,36\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,239$  y mínimo de  $0,238$ . Puede tomarse para este nivel  $0,238$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.86.** Fracción de masa participativa de todos los muros de un vano y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 4 \text{ m}$ .

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de un vano, dos niveles y altura por nivel de  $H= 4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

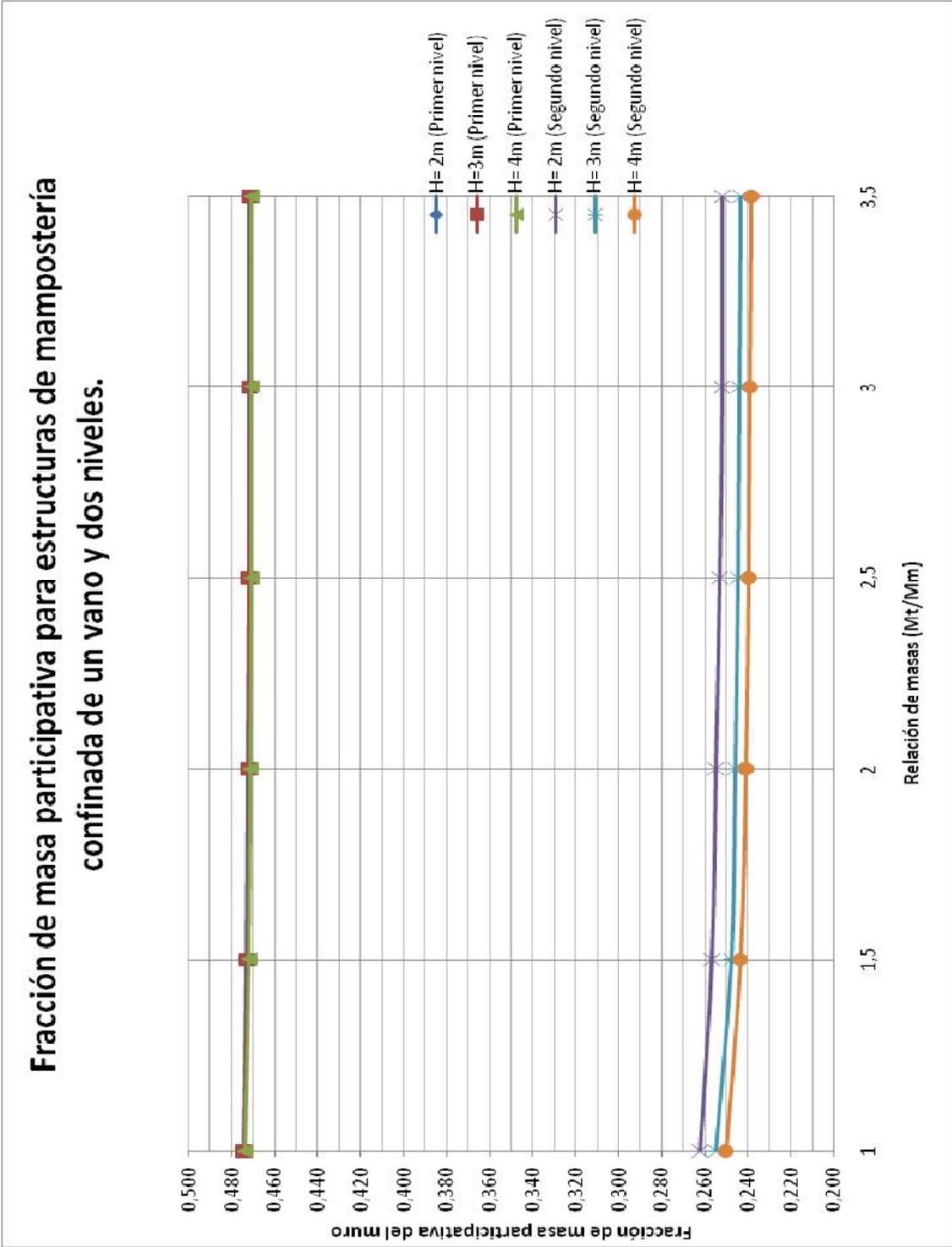
1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,475 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,470 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,252 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,238 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### **IV.3.4. Análisis de resultados para muros de un vano y dos niveles.**

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una serie de estructuras de mampostería confinada de un vano, dos niveles y alturas por nivel respectivas de  $H= 2\text{m}$ ,  $3\text{m}$  y  $4\text{m}$ . Variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde  $0,5$  a  $2$  y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde  $1$  a  $3,5$ . A partir del análisis de todos los gráficos correspondientes al resultado de la estimación de la fracción de masa participativa de cada muro se observa lo siguiente:

1. En todos los casos independientemente de la altura del muro, la fracción de masa participativa del muro se mantiene prácticamente constante, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.

A continuación se recomienda gráfico para hallar la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y altura ( $H$ ) del mismo. Los valores de la fracción de masa participativa se obtienen promediando para muros de una misma altura los valores para distintas relaciones de aspecto ( $H/L$ ).



**GRÁFICO IV.87.** Fracción de masa participativa para muros de un vano y dos niveles en función de la relación de masas (Mt/Mm) y la altura (H) del muro.

#### IV.4. ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA DE DOS VANOS Y DOS NIVELES.

A continuación se presentan los resultados del estudio de los modelos computacionales para estructuras de mampostería confinada de dos vanos y dos niveles, se estudian por separado los muros de altura por nivel (H): 2m, 3m y 4m. En el anexo 4 pueden observarse con detalle los distintos muros modelados.

##### IV.4.1. Muro de mampostería de altura por nivel H= 2 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=2m, de dos vanos y dos niveles.

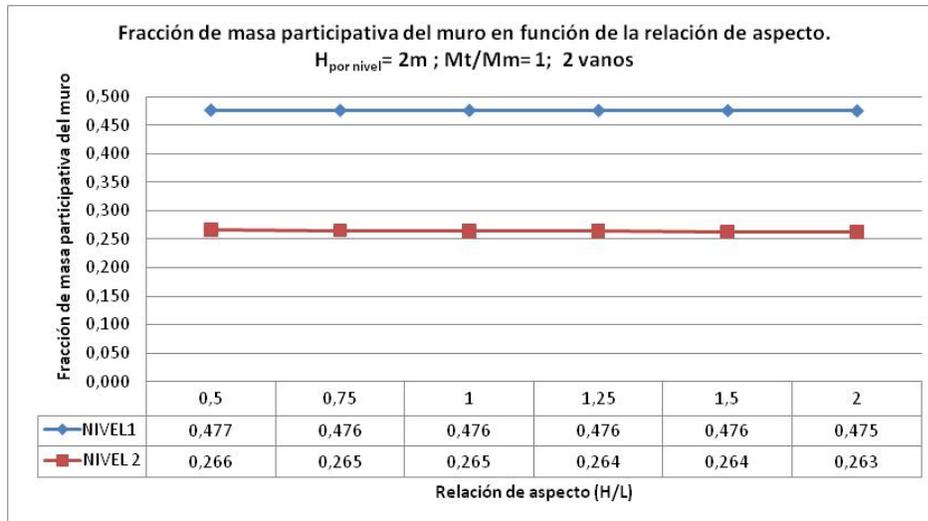
##### IV.4.1.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=2m, de dos vanos y dos niveles, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 13 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura H= 2m. (Vanos con la misma relación de aspecto).**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 2m														
	Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro					
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M222-1	0,5	0,5	0,477	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,266	0,259	0,257	0,255	0,255	0,254
M222-2	0,75	0,75	0,476	0,474	0,473	0,473	0,473	0,473	0,265	0,259	0,256	0,255	0,254	0,253
M222-3	1	1	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,258	0,256	0,255	0,254	0,253
M222-4	1,25	1,25	0,476	0,474	0,473	0,473	0,473	0,472	0,264	0,258	0,255	0,254	0,253	0,253
M222-5	1,5	1,5	0,476	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,264	0,257	0,255	0,254	0,253	0,252
M222-6	2	2	0,475	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,263	0,257	0,254	0,253	0,252	0,252
			Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)					
Valor Max.			0,477	0,474	0,473	0,473	0,473	0,473	0,266	0,259	0,257	0,255	0,255	0,254
Valor Min.			0,475	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,263	0,257	0,254	0,253	0,252	0,252
Promedio			0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,264	0,258	0,256	0,254	0,253	0,253
%diferencia			-0,29	-0,15	-0,09	-0,06	-0,04	-0,01	-1,23	-1,10	-1,00	-0,99	-0,96	-0,94

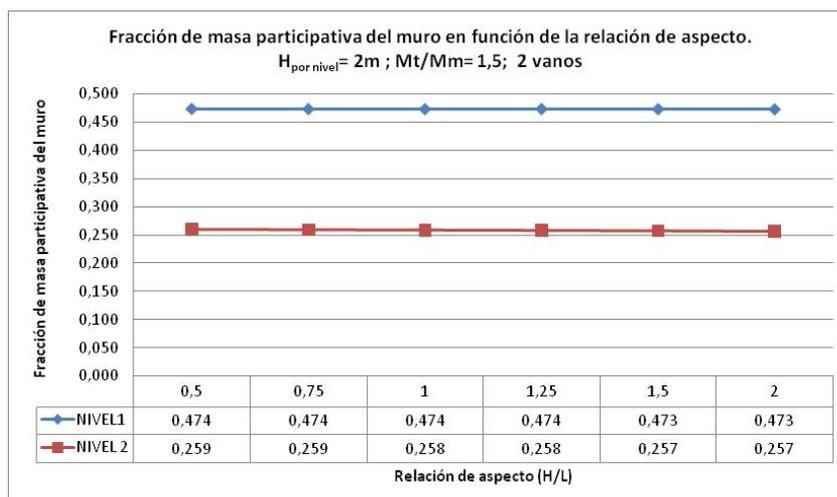
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.13.



**GRÁFICO IV.88.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,29\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,477$  y mínimo de  $0,475$ . Puede tomarse para este nivel  $0,476$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

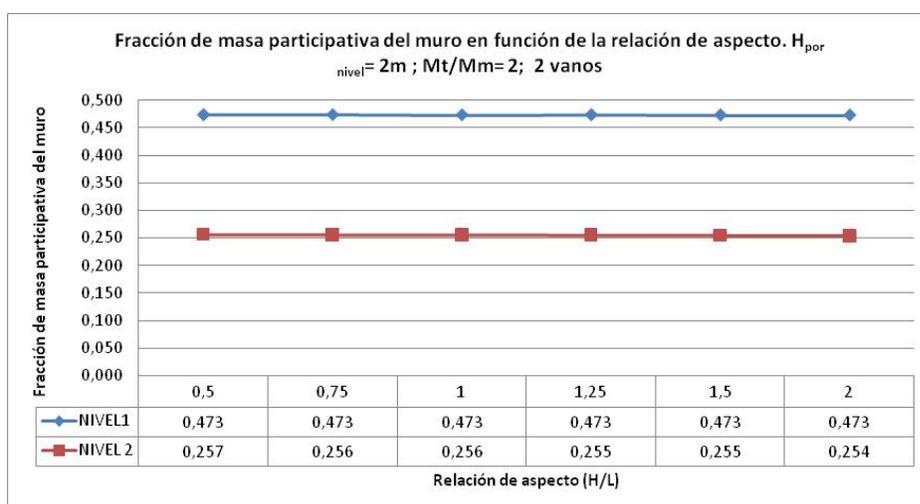
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-1,23\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,266$  y mínimo de  $0,263$ . Puede tomarse para este nivel  $0,264$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.89.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 2\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,15% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,474 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,474 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

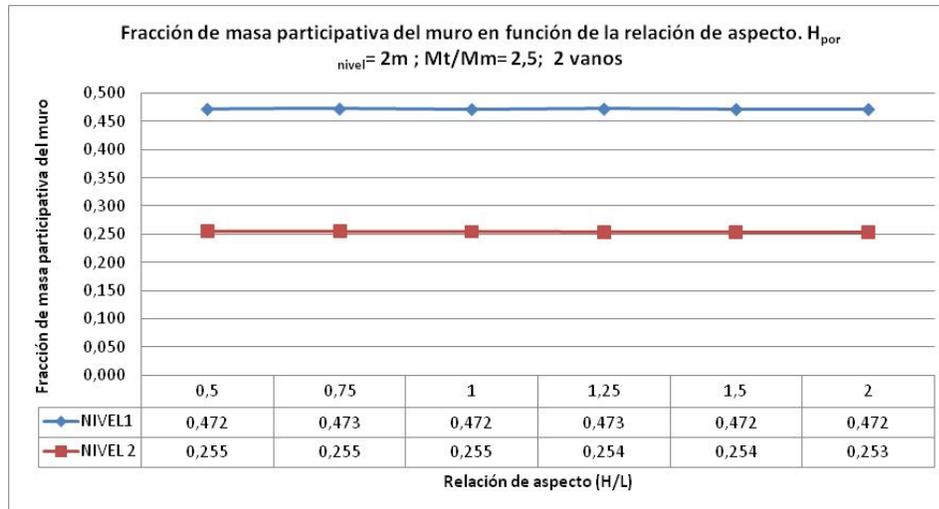
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,10% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,259 y mínimo de 0,257. Puede tomarse para este nivel 0,258 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.90.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{Por\ nivel} = 2m$ ,  $Mt/Mm = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,09% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

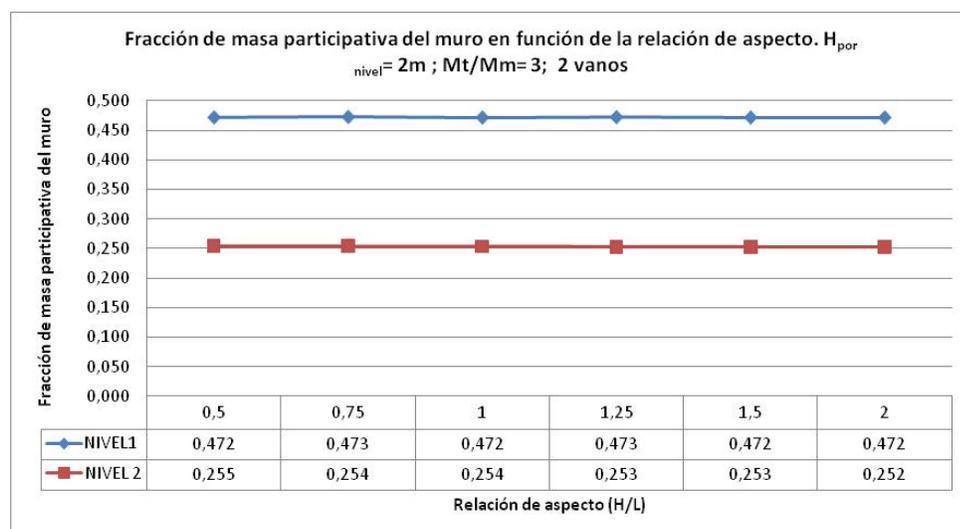
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -1,00% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,254. Puede tomarse para este nivel 0,256 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.91.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por \text{ nivel}}= 2m$ ,  $Mt/Mm=2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,06\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,473$  y mínimo de  $0,472$ . Puede tomarse para este nivel  $0,472$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

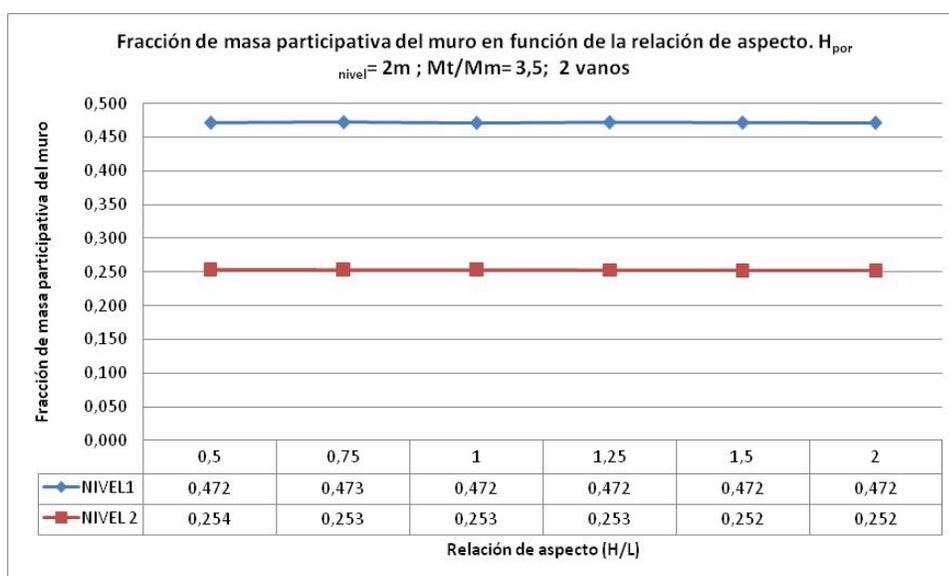
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,99\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,255$  y mínimo de  $0,253$ . Puede tomarse para este nivel  $0,254$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.92.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por \text{ nivel}}= 2m$ ,  $Mt/Mm=3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,04% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

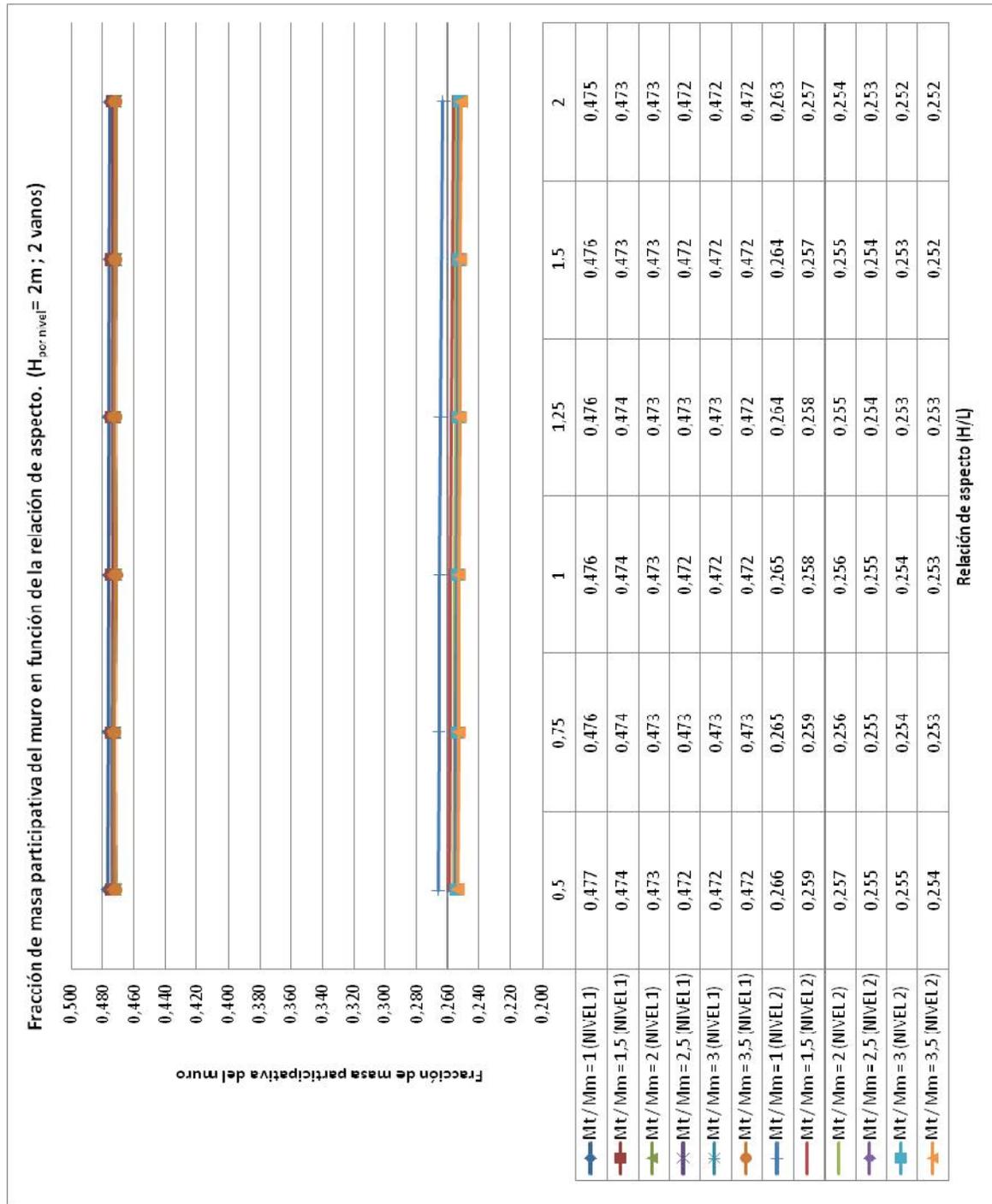
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,96% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,255 y mínimo de 0,252. Puede tomarse para este nivel 0,253 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.93.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel}=2m$ ,  $M_t/M_m=3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,01% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,94% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,254 y mínimo de 0,252. Puede tomarse para este nivel 0,253 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.94.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 2\text{m}$ .  
(Vanos con la misma relación de aspecto)

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 2\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 2%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,477 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,472 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,266 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,252 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

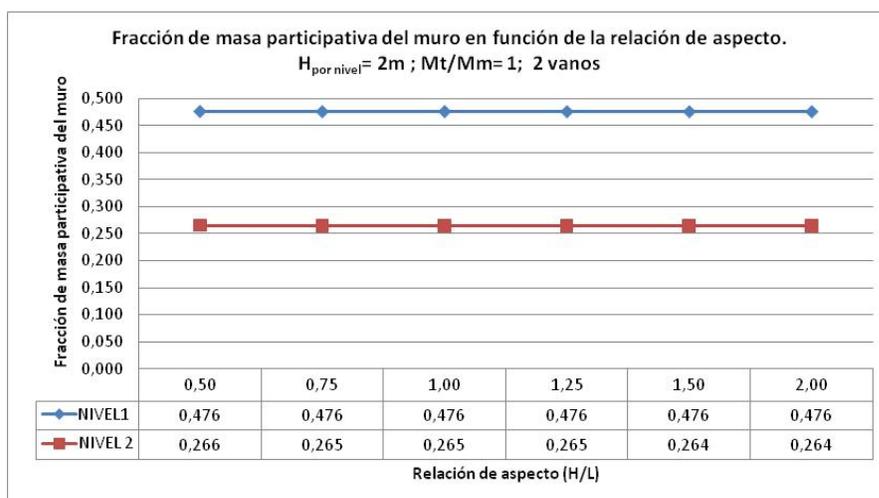
#### IV.4.1.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de  $H=2\text{m}$ , de dos vanos y dos niveles, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 14 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura  $H= 2\text{m}$ . (Vanos con distinta relación de aspecto).**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO $H= 3\text{m}$														
Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro						
$H/L_1$	$H/L_2$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M223-C1	1	0,50	0,476	0,474	0,472	0,472	0,471	0,471	0,266	0,259	0,257	0,255	0,254	0,254
M223-C2	1	0,75	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,259	0,256	0,255	0,255	0,253
M223-C3	1	1,00	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,258	0,256	0,255	0,254	0,253
M223-C4	1	1,25	0,476	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,258	0,256	0,254	0,254	0,253
M223-C5	1	1,50	0,476	0,473	0,472	0,472	0,472	0,471	0,264	0,258	0,256	0,254	0,254	0,253
M223-C6	1	2,00	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,264	0,258	0,255	0,254	0,253	0,253
Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)							Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)							
Valor Max.		0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,266	0,259	0,257	0,255	0,255	0,254	
Valor Min.		0,476	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,264	0,258	0,255	0,254	0,253	0,253	
Promedio		0,476	0,473	0,473	0,472	0,472	0,472	0,265	0,258	0,256	0,255	0,254	0,253	
%diferencia		-0,10	0,01	0,09	0,03	0,19	0,24	-0,57	-0,51	-0,55	-0,50	-0,53	-0,53	

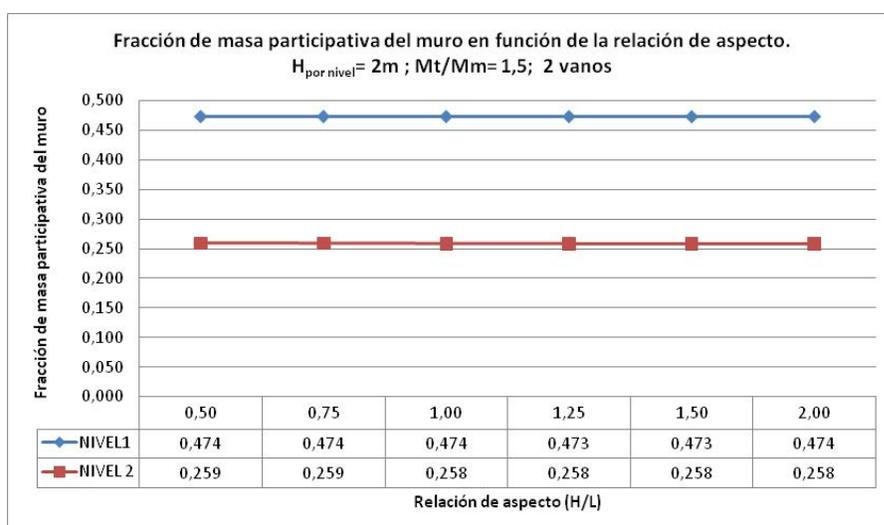
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.14.



**GRÁFICO IV.95.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}= 2\text{m}$ ,  $Mt/Mm=1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,10% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,476 y mínimo de 0,476. Puede tomarse para este nivel 0,476 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

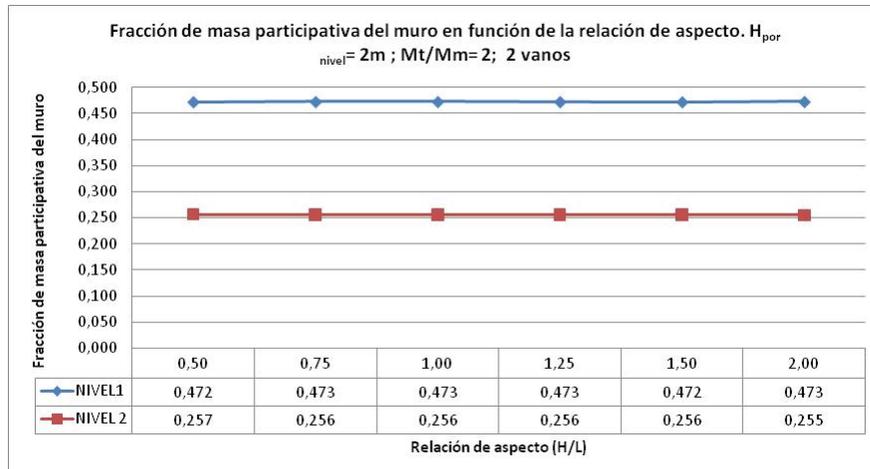
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,57% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,266 y mínimo de 0,264. Puede tomarse para este nivel 0,265 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.96.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}= 2\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,01% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,474 y mínimo de 0,473. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

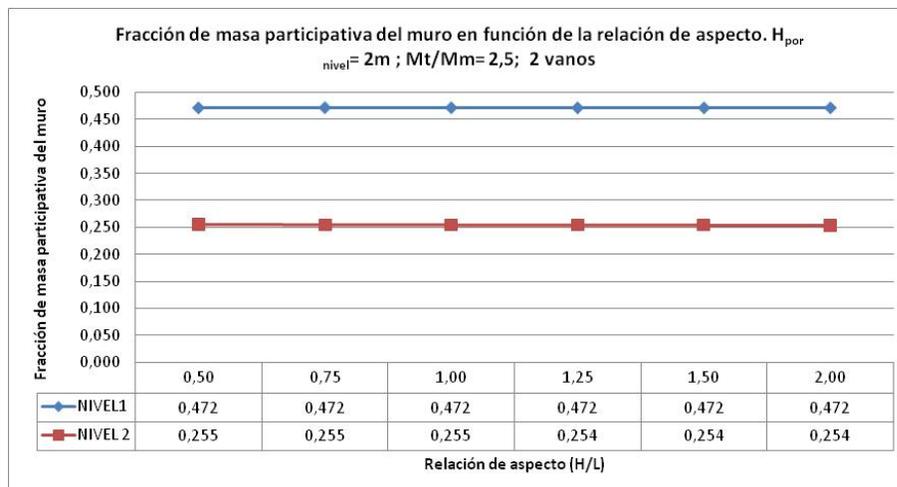
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,51% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,259 y mínimo de 0,258. Puede tomarse para este nivel 0,258 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.97.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel} = 2m$ ,  $Mt/Mm = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,09% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

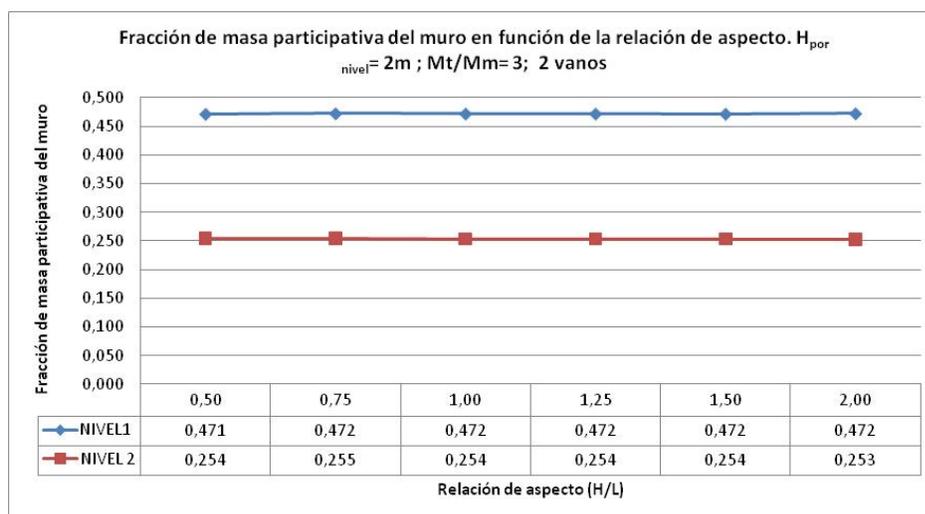
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,55% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,255. Puede tomarse para este nivel 0,256 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.98.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel} = 2m$ ,  $Mt/Mm = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,08% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

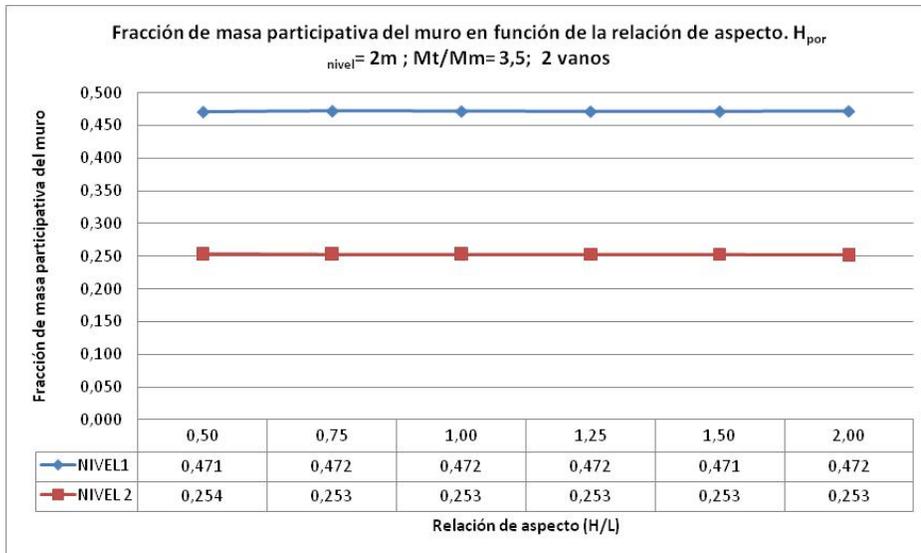
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,50% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,255 y mínimo de 0,254. Puede tomarse para este nivel 0,255 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.99.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel} = 2m$ ,  $Mt/Mm = 3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,19% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

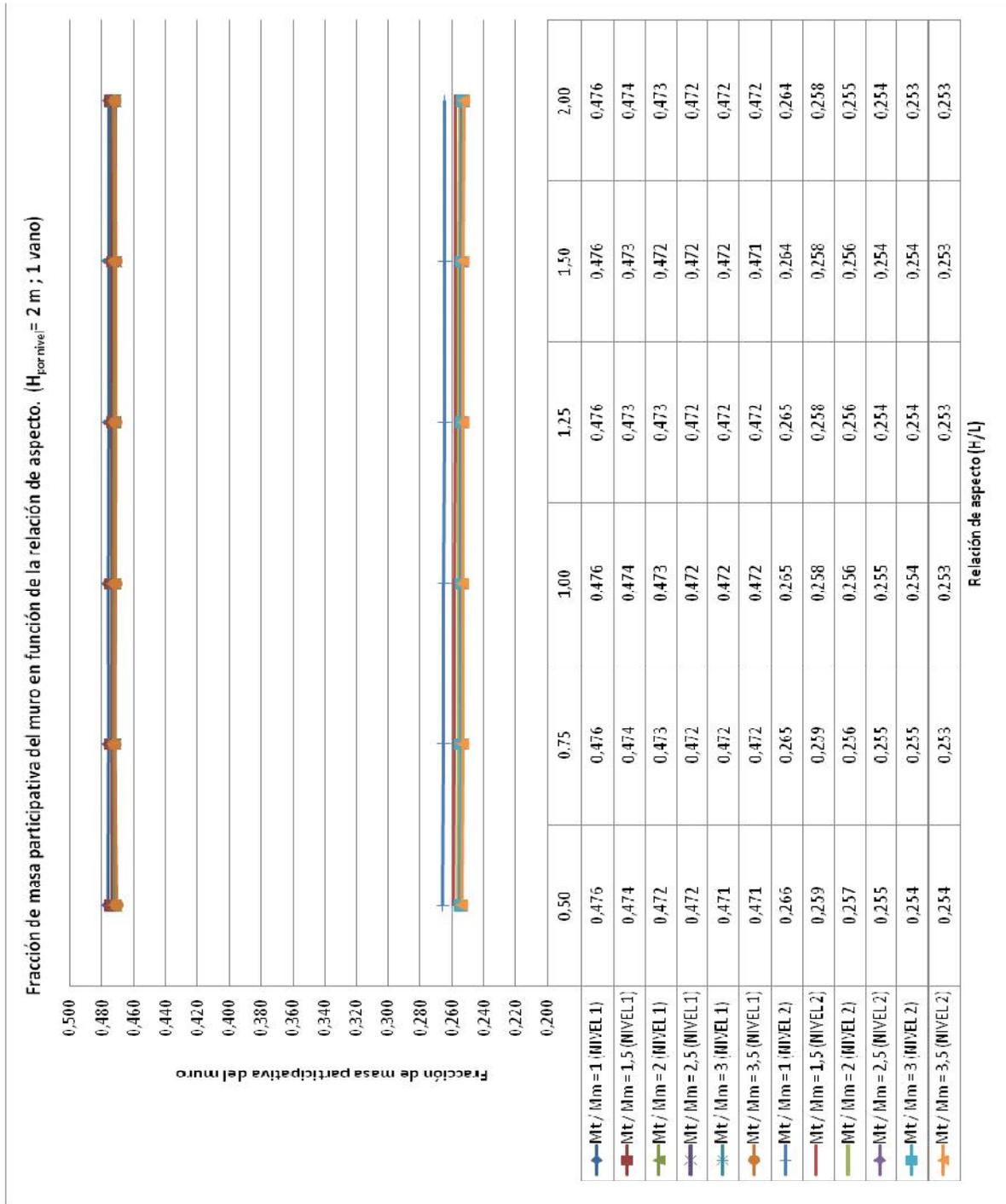
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,53% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,255 y mínimo de 0,253. Puede tomarse para este nivel 0,254 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.100.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por \text{ nivel}}= 2m$ ,  $M_t/M_m=3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,24% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,53% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,254 y mínimo de 0,253. Puede tomarse para este nivel 0,253 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.101.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 2\text{ m}$ .  
(Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 2\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 1%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,476 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,471 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,266 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,253 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### IV.4.2. Muro de mampostería de altura por nivel H= 3 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=3m, de dos vanos y dos niveles.

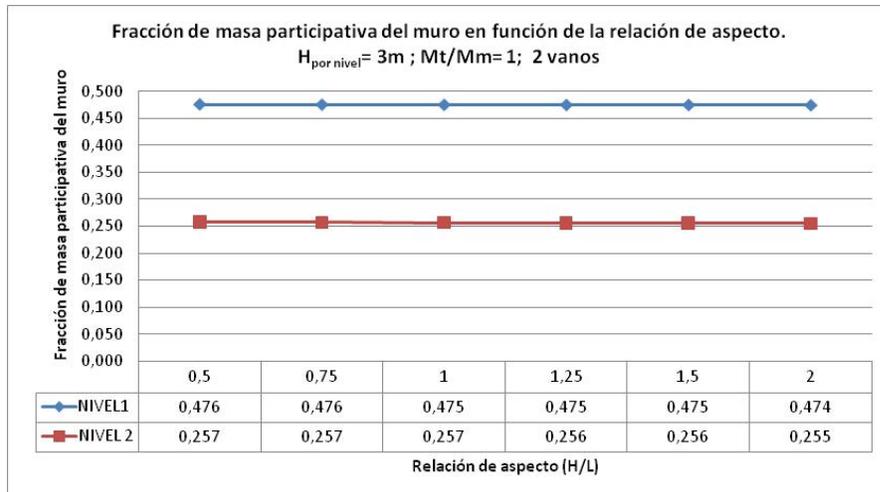
##### IV.4.2.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=3m, de dos vanos y dos niveles, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 15 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura H= 3m. (Vanos con la misma relación de aspecto).**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 3m														
Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro						
H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M223-1	0,5	0,5	0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244
M223-2	0,75	0,75	0,476	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244
M223-3	1	1	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,470	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244
M223-4	1,25	1,25	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,470	0,256	0,249	0,247	0,245	0,245	0,244
M223-5	1,5	1,5	0,475	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,256	0,249	0,246	0,245	0,244	0,244
M223-6	2	2	0,474	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,255	0,249	0,246	0,245	0,244	0,243
		Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)						
Valor Max.		0,476	0,474	0,473	0,472	0,472	0,472	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244	
Valor Min.		0,474	0,472	0,472	0,471	0,471	0,470	0,255	0,249	0,246	0,245	0,244	0,243	
Promedio		0,475	0,473	0,472	0,472	0,471	0,471	0,256	0,249	0,247	0,245	0,245	0,244	
%diferencia		-0,35	-0,24	-0,18	-0,25	-0,20	-0,24	-0,87	-0,62	-0,52	-0,38	-0,40	-0,29	

Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.15.

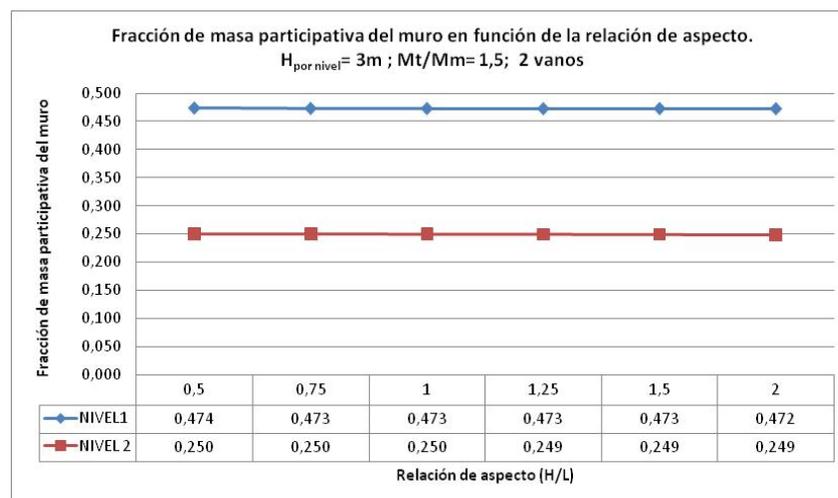


**GRÁFICO IV.102.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,35% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,476 y mínimo de 0,474.

Puede tomarse para este nivel 0,475 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

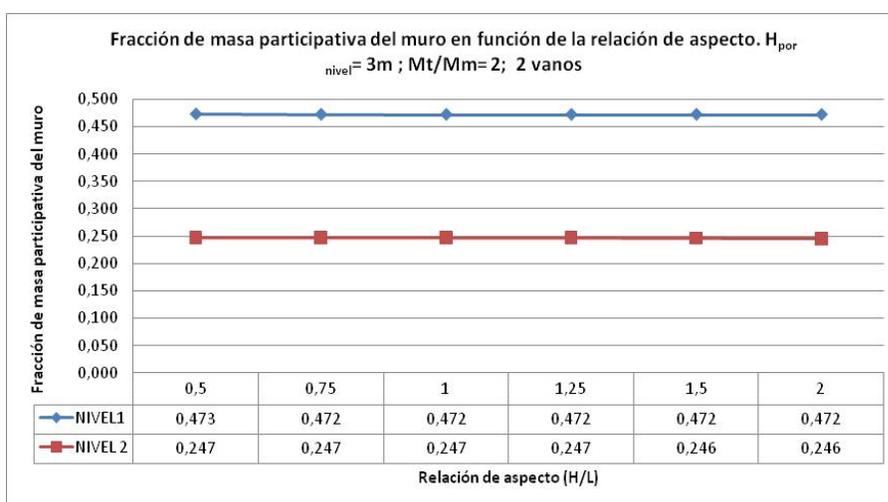
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,87% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,255. Puede tomarse para este nivel 0,256 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.103.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,24% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,474 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

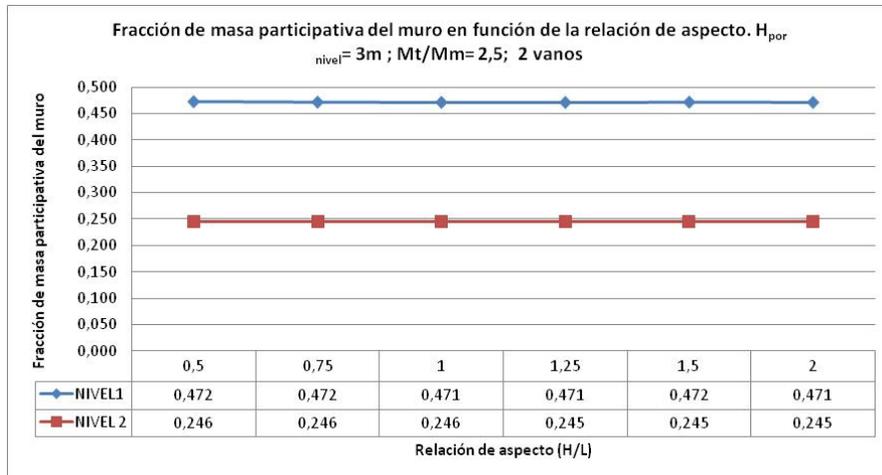
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,62% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,250 y mínimo de 0,249. Puede tomarse para este nivel 0,249 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.104.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel} = 3m$ ,  $Mt/Mm = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,18% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

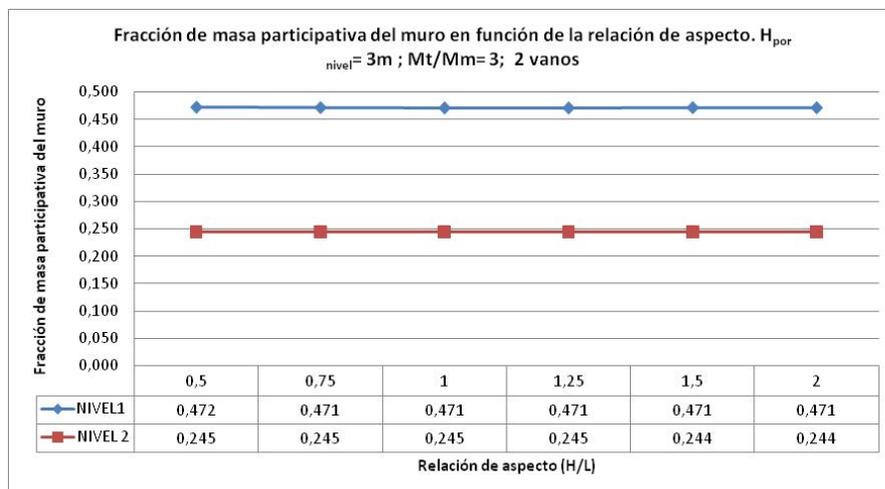
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,52% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,247 y mínimo de 0,246. Puede tomarse para este nivel 0,247 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.105.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel}= 3m$ ,  $M_t/M_m=2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,25\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

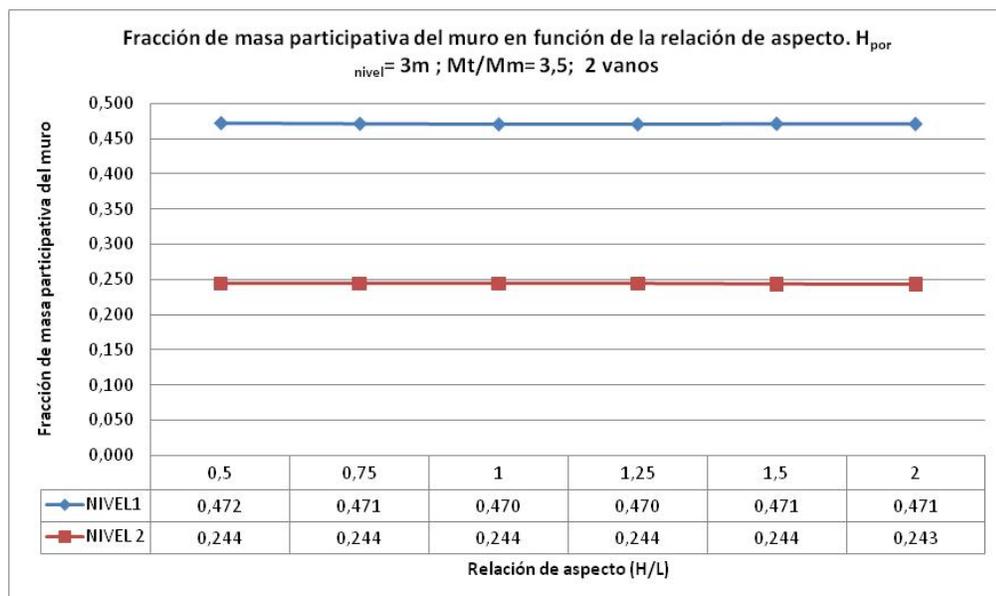
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,38\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,246 y mínimo de 0,245. Puede tomarse para este nivel 0,245 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.106.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel}= 3m$ ,  $M_t/M_m=3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,20% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

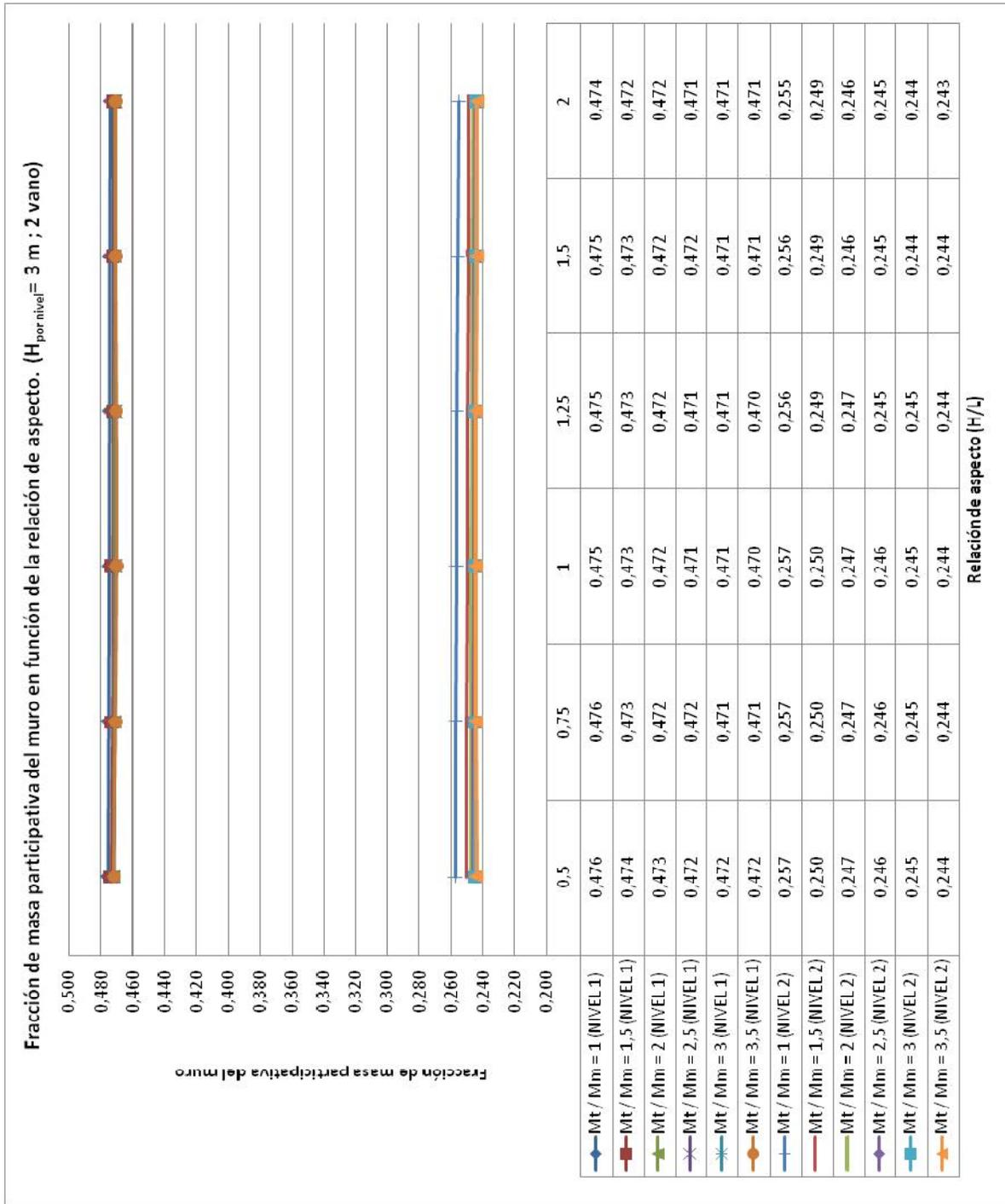
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,40% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,244. Puede tomarse para este nivel 0,245 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.107.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel} = 3m$ ,  $Mt/Mm = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,24% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,29% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,244 y mínimo de 0,243. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.108.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 3 \text{ m}$ . (Vanos con la misma relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 1%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,476 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,470 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,257 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,243 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

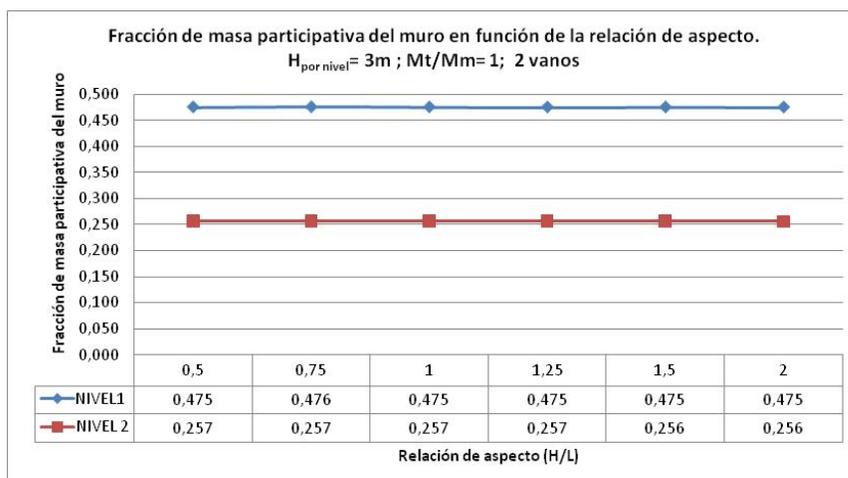
#### IV.4.2.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de  $H=3\text{m}$ , de dos vanos y dos niveles, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 16 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura  $H=3\text{m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO $H=3\text{m}$														
Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro						
$H/L_1$	$H/L_2$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M223-C1	1	0,5	0,475	0,472	0,471	0,470	0,470	0,469	0,257	0,250	0,248	0,246	0,246	0,245
M223-C2	1	0,75	0,476	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,257	0,250	0,247	0,246	0,246	0,244
M223-C3	1	1	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,470	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244
M223-C4	1	1,25	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,470	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244
M223-C5	1	1,5	0,475	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,256	0,249	0,247	0,245	0,244	0,244
M223-C6	1	2	0,475	0,473	0,472	0,471	0,472	0,471	0,256	0,249	0,247	0,245	0,244	0,244
		Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)						
Valor Max.		0,476	0,473	0,472	0,472	0,472	0,472	0,257	0,250	0,248	0,246	0,246	0,245	
Valor Min.		0,475	0,472	0,471	0,470	0,470	0,469	0,256	0,249	0,247	0,245	0,244	0,244	
Promedio		0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,257	0,250	0,247	0,246	0,245	0,244	
%diferencia		-0,01	0,13	0,25	0,24	0,39	0,51	-0,50	-0,47	-0,51	-0,49	-0,51	-0,59	

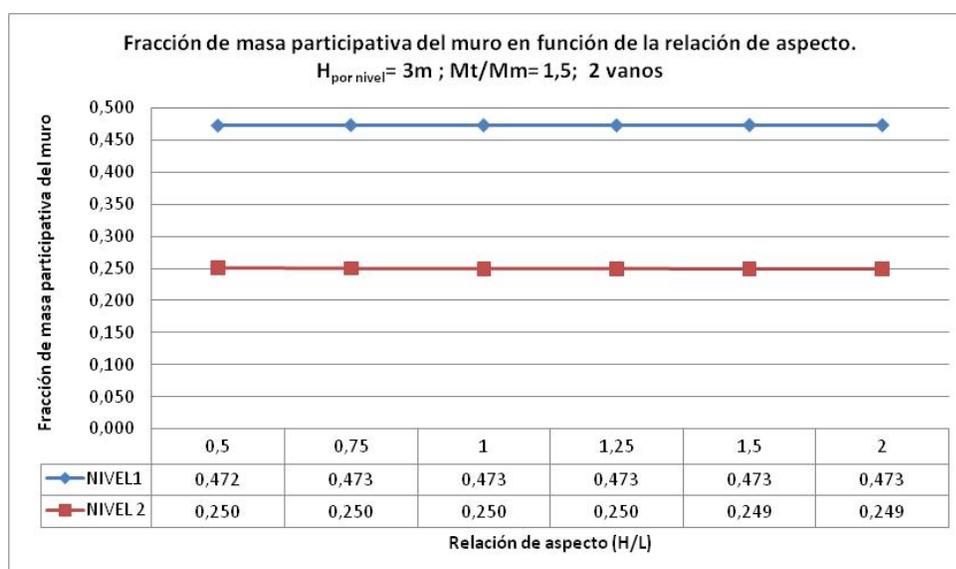
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.16.



**GRÁFICO IV.109.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}=3\text{m}$ ,  $Mt/Mm=1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,01% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,476 y mínimo de 0,475. Puede tomarse para este nivel 0,475 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

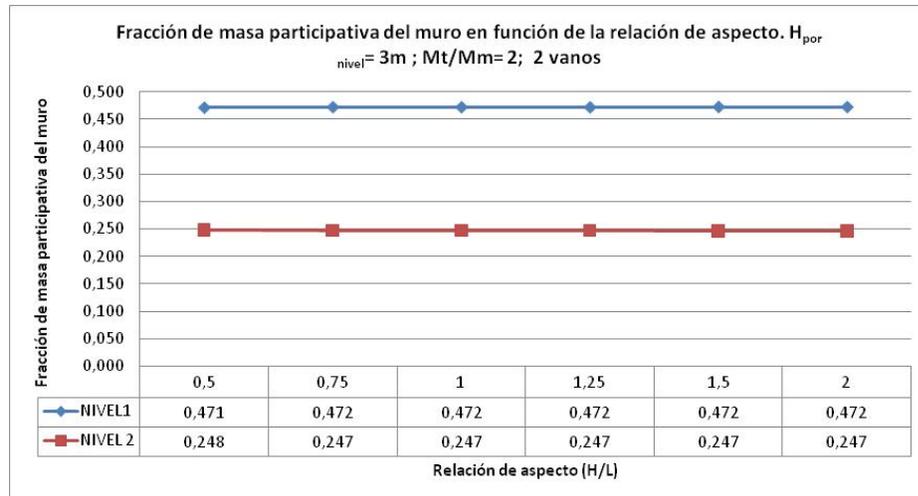
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,50% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,257 y mínimo de 0,256. Puede tomarse para este nivel 0,257 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.110.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 3\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,13% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,473 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

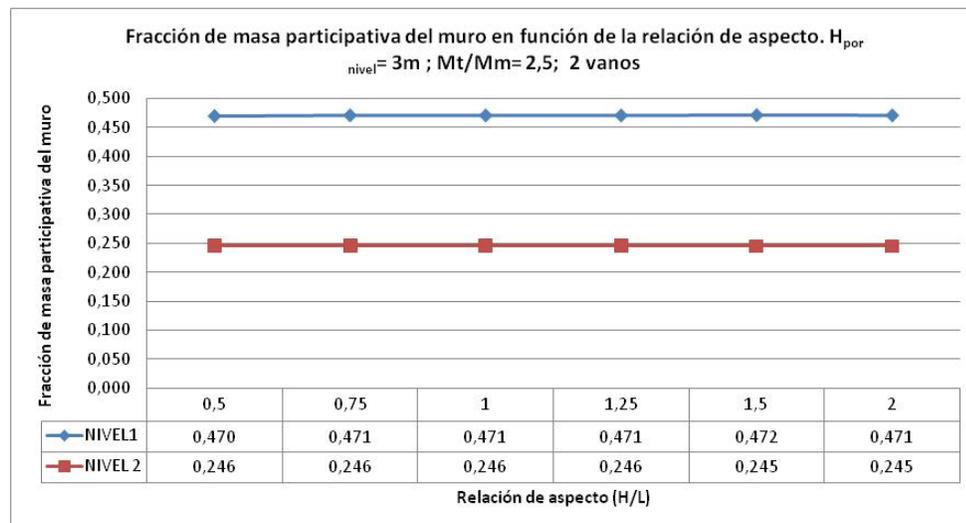
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,47% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,250 y mínimo de 0,249. Puede tomarse para este nivel 0,250 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.111.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por}$  nivel= 3m,  $Mt/Mm=2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,25% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

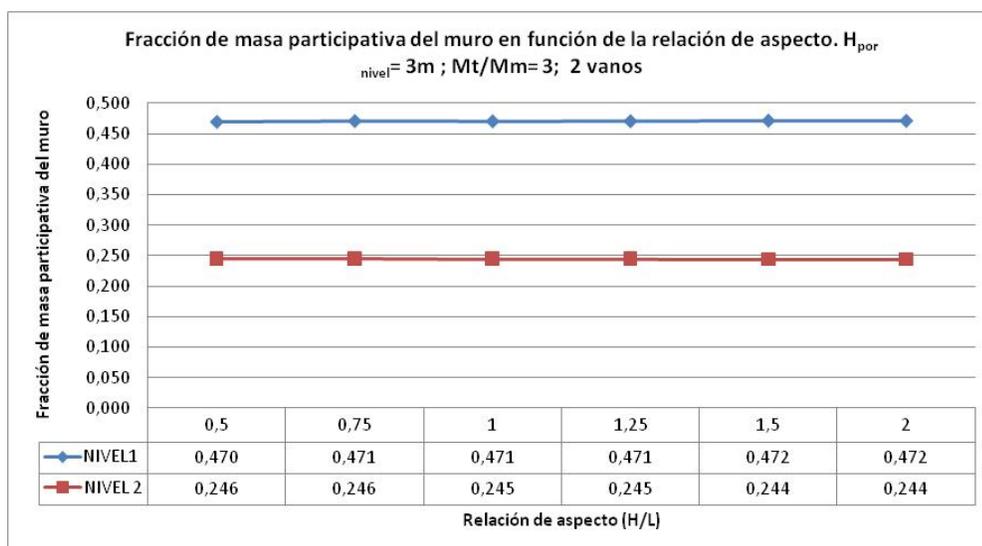
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,51% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,248 y mínimo de 0,247. Puede tomarse para este nivel 0,247 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.112.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por}$  nivel= 3m,  $Mt/Mm=2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,24% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

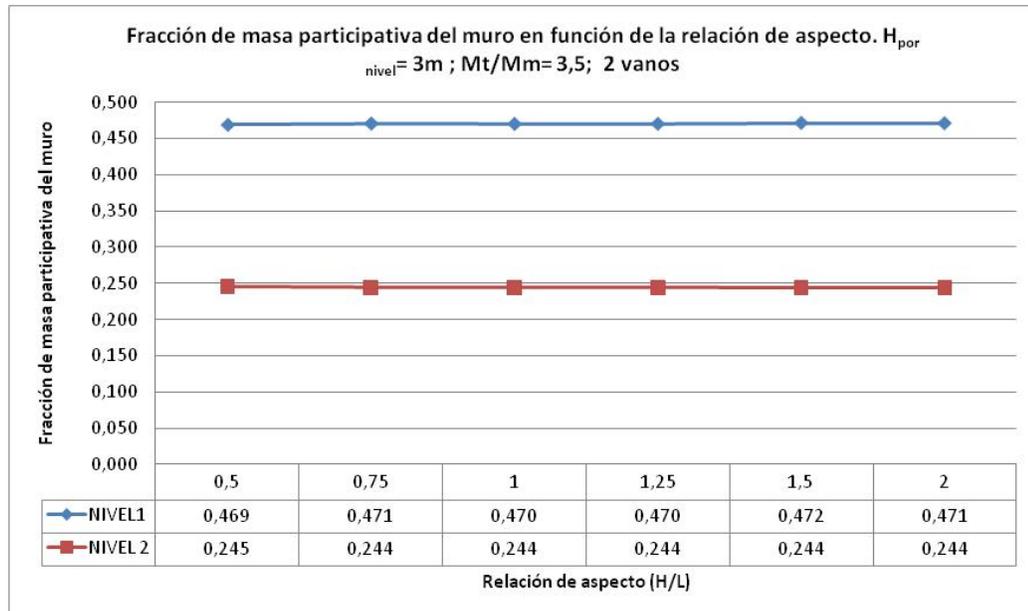
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,49% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,246 y mínimo de 0,245. Puede tomarse para este nivel 0,246 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.113.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por}$  nivel= 3m,  $M_t/M_m=3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,39% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

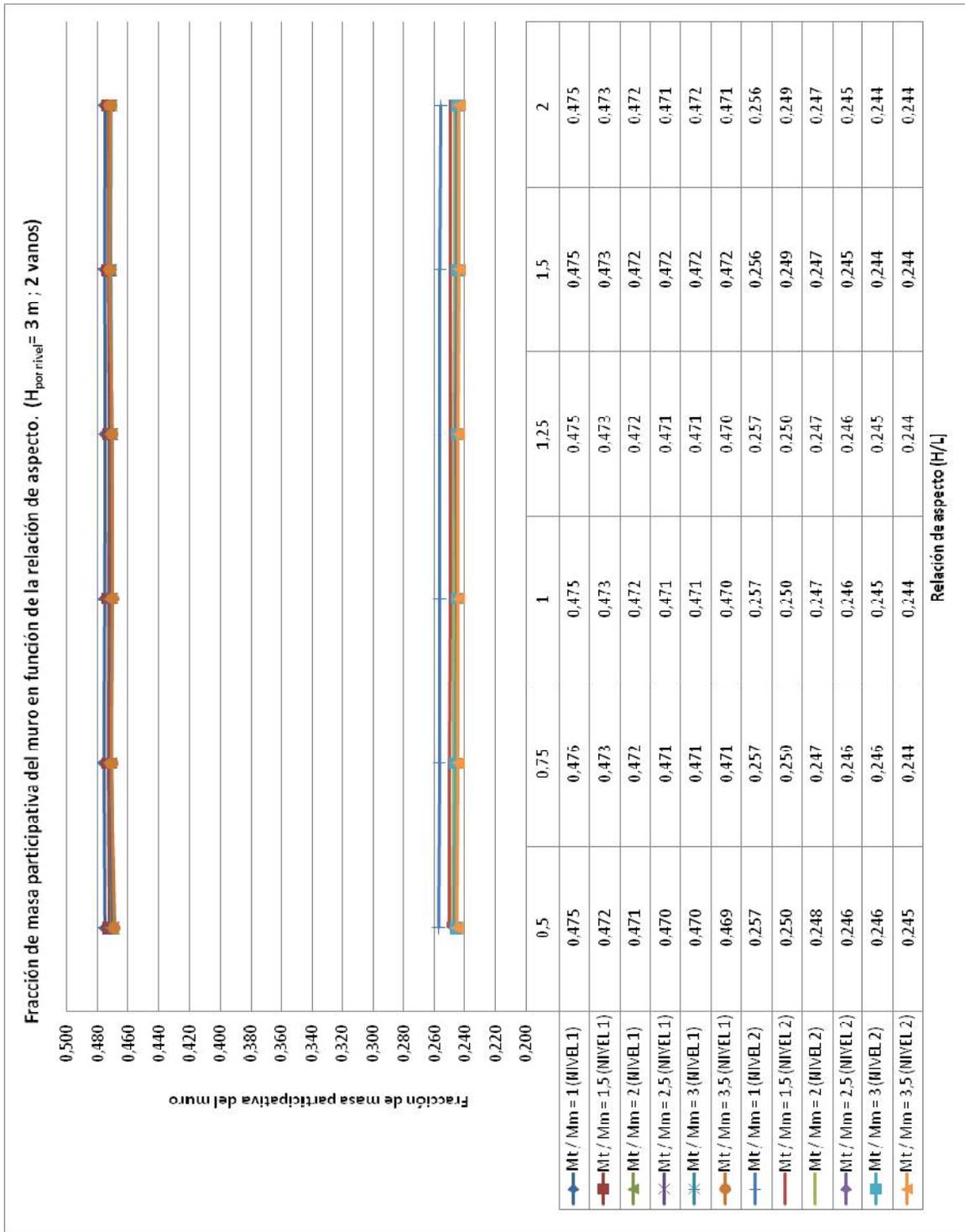
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,51% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,246 y mínimo de 0,244. Puede tomarse para este nivel 0,245 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.114.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{por\ nivel}= 3m$ ,  $M_t/M_m=3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de 0,51% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,469. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,59% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,244. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.115.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 3 \text{ m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 3\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 1%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,475 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,469 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,257 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,244 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### IV.4.3. Muro de mampostería de altura por nivel H= 4 m

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de H=4m, de dos vanos y dos niveles.

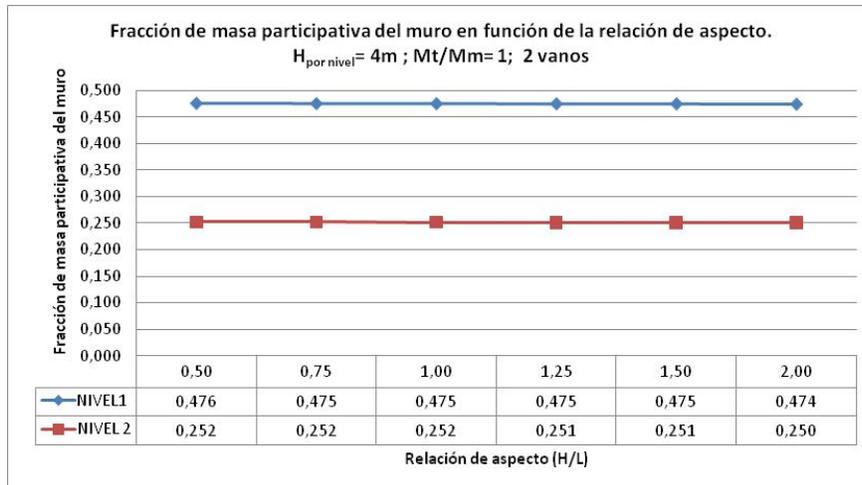
##### IV.4.3.1. Todos los vanos con la misma relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura H=4m, de dos vanos y dos niveles, con todos los vanos del muro con la misma relación de aspecto (H/L).

**TABLA IV. 17 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura H= 4m. (Vanos con misma relación de aspecto)**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO H= 4m														
	Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro					
	H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
M224-1	0,5	0,50	0,476	0,473	0,472	0,472	0,472	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,239	0,239
M224-2	0,75	0,75	0,475	0,472	0,471	0,471	0,470	0,470	0,252	0,245	0,242	0,240	0,240	0,239
M224-3	1	1,00	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,244	0,242	0,240	0,239	0,239
M224-4	1,25	1,25	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,470	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239
M224-5	1,5	1,50	0,475	0,472	0,471	0,471	0,471	0,470	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,238
M224-6	2	2,00	0,474	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,250	0,243	0,241	0,239	0,239	0,238
			Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)					
Valor Max.			0,476	0,473	0,472	0,472	0,472	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,240	0,239
Valor Min.			0,474	0,472	0,471	0,471	0,470	0,470	0,250	0,243	0,241	0,239	0,239	0,238
Promedio			0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239
%diferencia			-0,32	-0,17	-0,14	-0,13	-0,19	-0,09	-0,76	-0,53	-0,41	-0,36	-0,26	-0,35

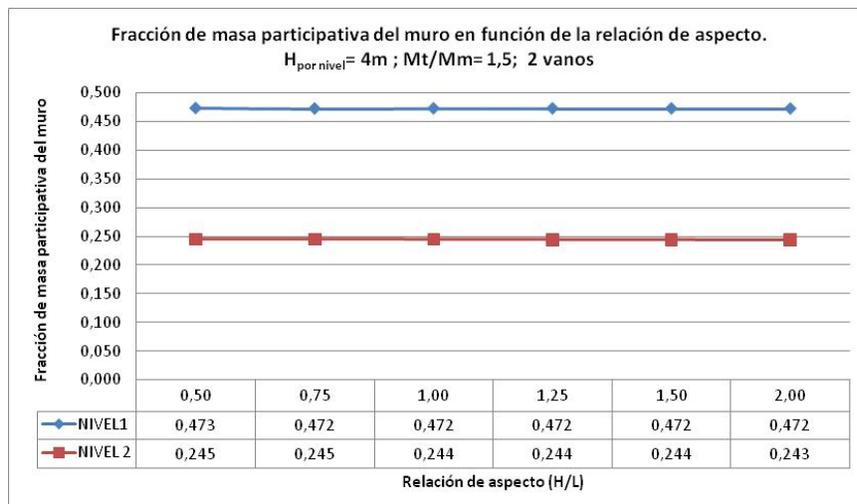
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.17.



**GRÁFICO IV.116.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,32\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,476$  y mínimo de  $0,474$ . Puede tomarse para este nivel  $0,475$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

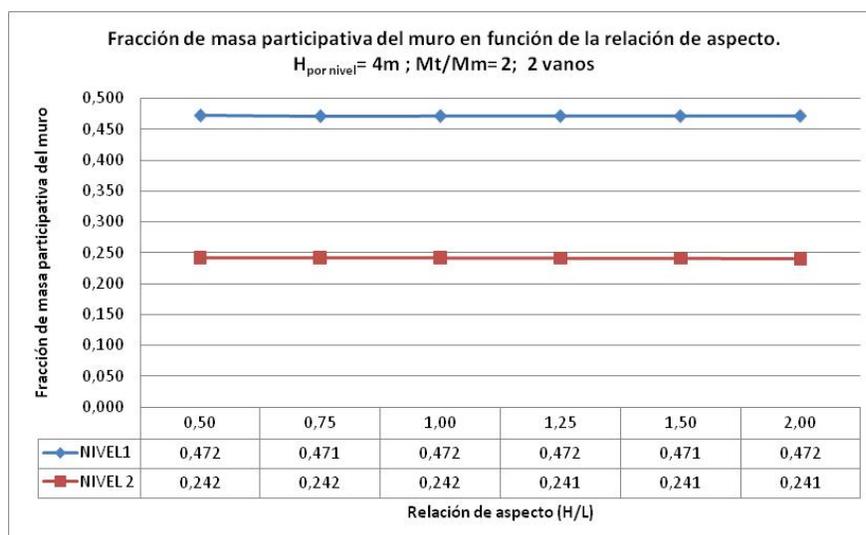
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,76\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,252$  y mínimo de  $0,250$ . Puede tomarse para este nivel  $0,251$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.117.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,17% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

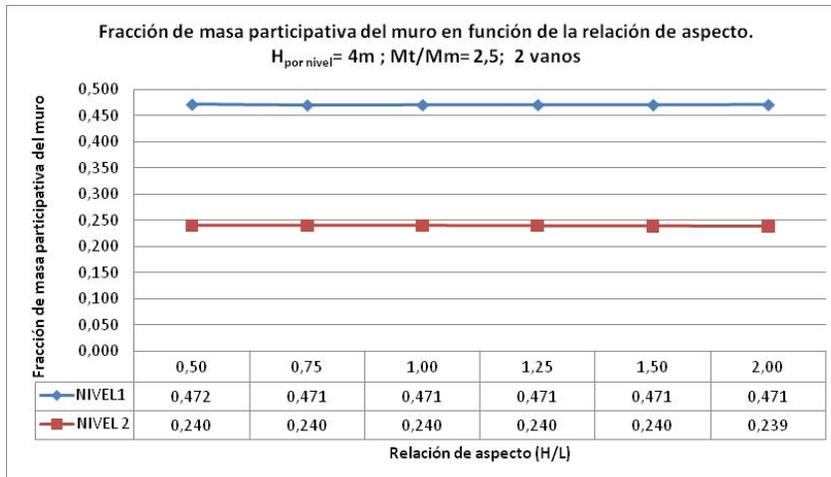
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,53% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,243. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.118.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,14% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

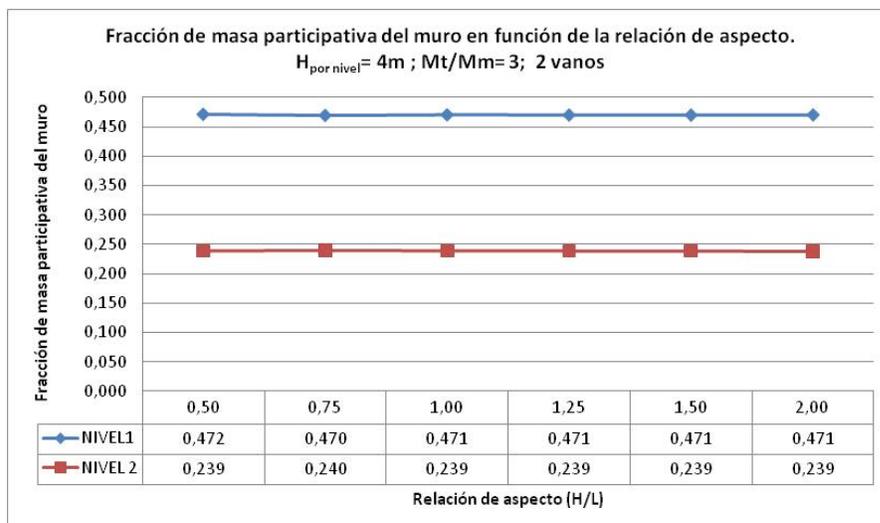
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,41% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,242 y mínimo de 0,241. Puede tomarse para este nivel 0,241 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.119.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,13% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

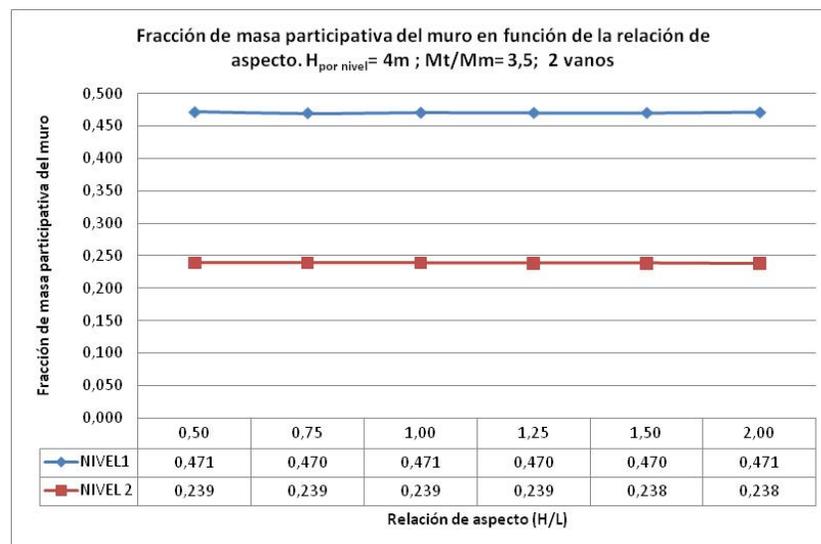
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,36% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,239. Puede tomarse para este nivel 0,240 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.120.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{ m}$ ,  $M_t/M_m = 3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,19% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,472 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

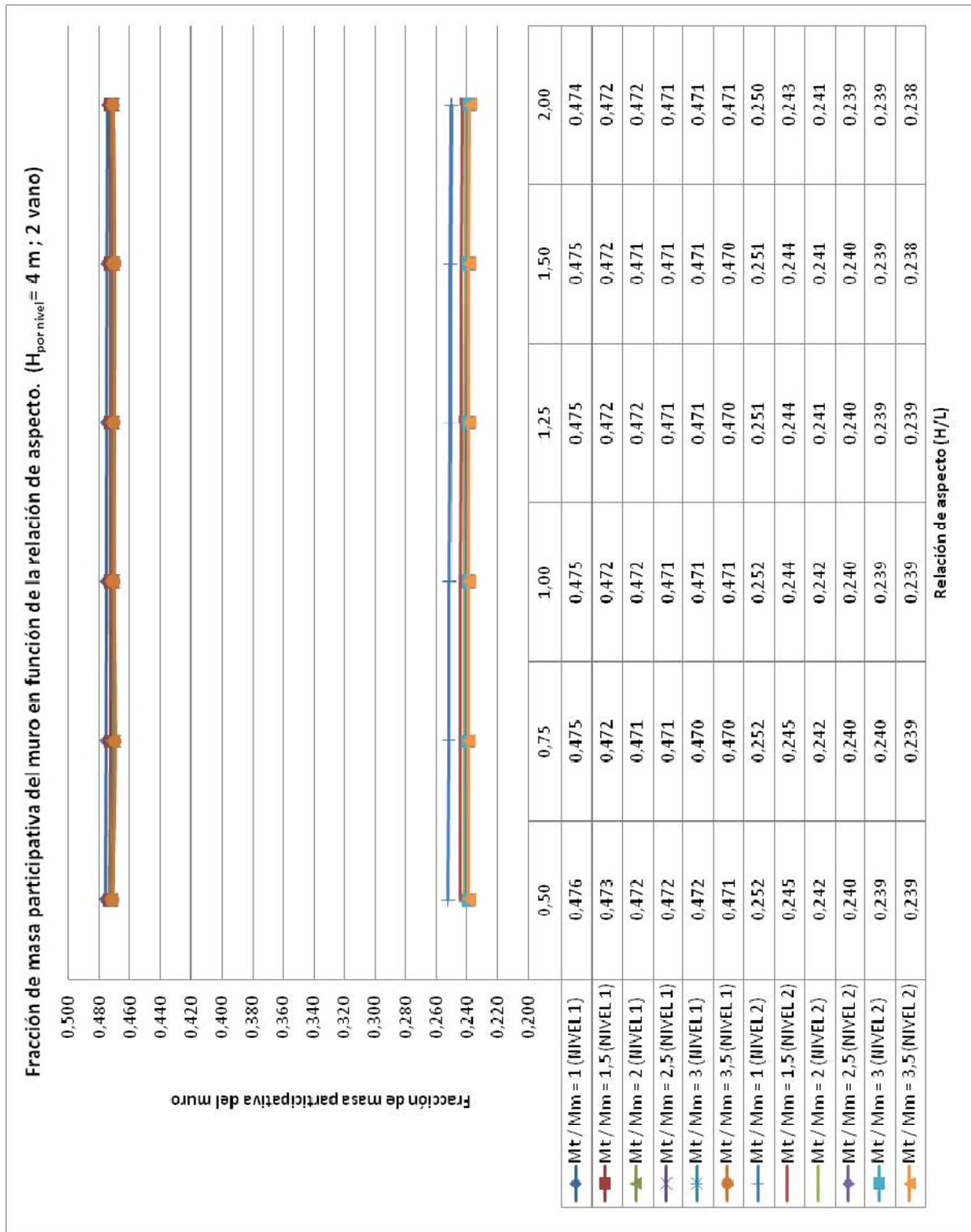
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,26% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,239. Puede tomarse para este nivel 0,239 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.121.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,09% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,471 y mínimo de 0,470. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,35% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,239 y mínimo de 0,238. Puede tomarse para este nivel 0,239 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.122.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 4 \text{ m}$ . (Vanos con misma relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Todos los vanos del muro tienen la misma relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 1%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,476 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,470 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,75$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,252 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,238 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

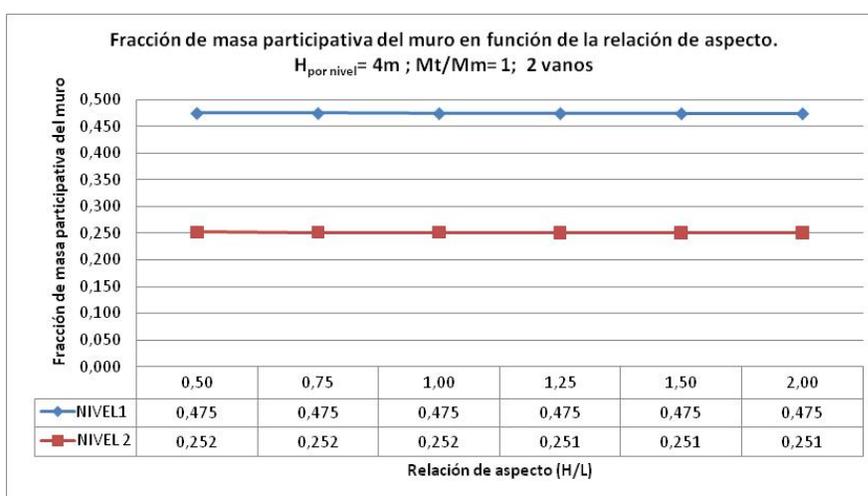
#### IV.4.3.2. Vanos con distinta relación de aspecto (H/L).

En esta sección se muestran los resultados y análisis para los muros de mampostería de altura por nivel de  $H=4\text{m}$ , de dos vanos y dos niveles, con vanos de distinta relación de aspecto (H/L)

**TABLA IV. 18 Fracción de masa participativa del muro en función de la relación de aspecto. Para muros de dos vanos, dos niveles y altura  $H=4\text{m}$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).**

MURO DE DOS VANOS, DOS NIVELES Y ALTURA POR PISO $H=4\text{m}$														
Relación de a.		Masa total / Masa muro						Masa total / Masa muro						
H/L <sub>1</sub>	H/L <sub>2</sub>	1	1,5	2	2,5	3	3,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	
M224-C1	1	0,50	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,239	0,238
M224-C2	1	0,75	0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,244	0,242	0,240	0,240	0,239
M224-C3	1	1,00	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,244	0,242	0,240	0,239	0,239
M224-C4	1	1,25	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239
M224-C5	1	1,50	0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,470	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239
M224-C6	1	2,00	0,475	0,472	0,471	0,471	0,471	0,471	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,238
		Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 1)						Fracción de Masa participativa del muro (NIVEL 2)						
Valor Max.		0,475	0,473	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,245	0,242	0,240	0,240	0,239	
Valor Min.		0,475	0,472	0,471	0,471	0,471	0,470	0,251	0,244	0,241	0,240	0,239	0,238	
Promedio		0,475	0,472	0,472	0,471	0,471	0,471	0,252	0,244	0,241	0,240	0,239	0,239	
%diferencia		-0,13	-0,05	-0,10	-0,17	-0,01	-0,11	-0,34	-0,20	-0,11	-0,03	-0,11	0,01	

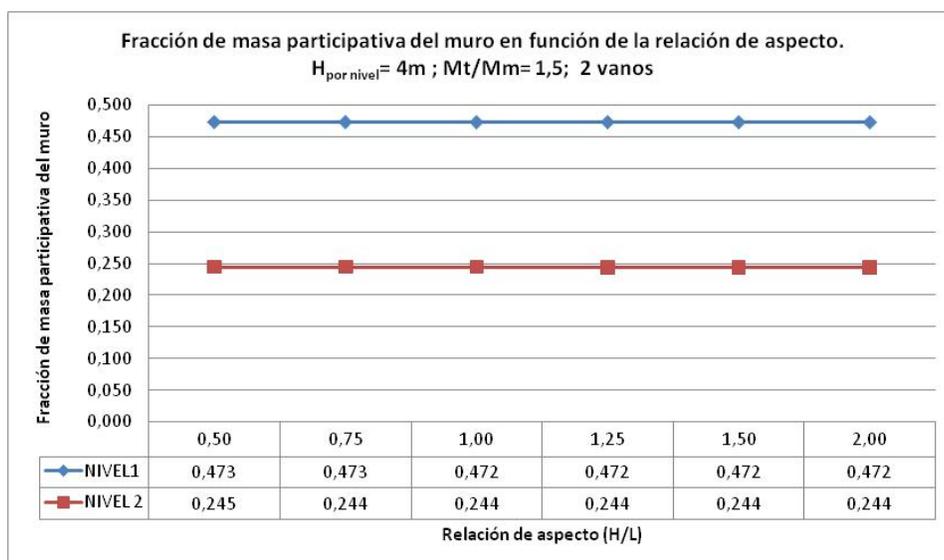
Todos los gráficos que se muestran a continuación se obtienen con los datos de la TABLA IV.18.



**GRÁFICO IV.123.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}=4\text{m}$ ,  $M_t/M_m=1$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,13% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,475 y mínimo de 0,475. Puede tomarse para este nivel 0,475 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

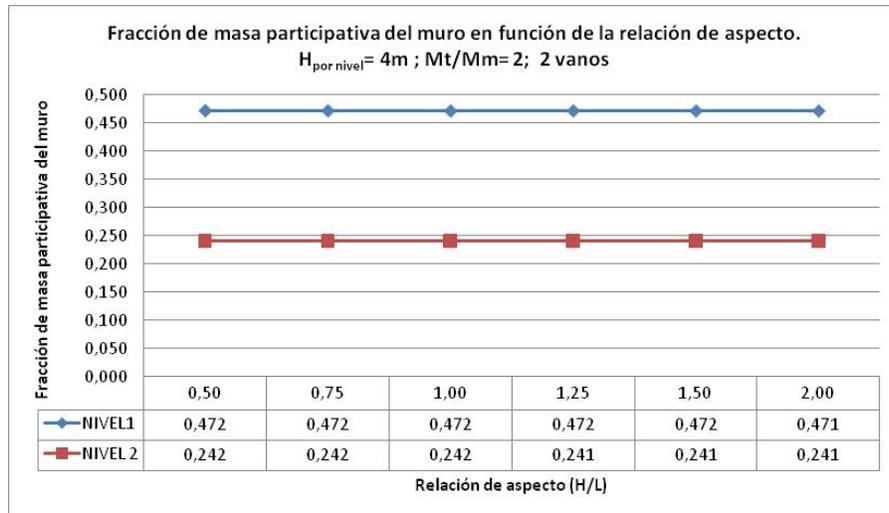
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,34% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,252 y mínimo de 0,251. Puede tomarse para este nivel 0,252 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.124.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 1,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,05% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,473 y mínimo de 0,472. Puede tomarse para este nivel 0,472 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

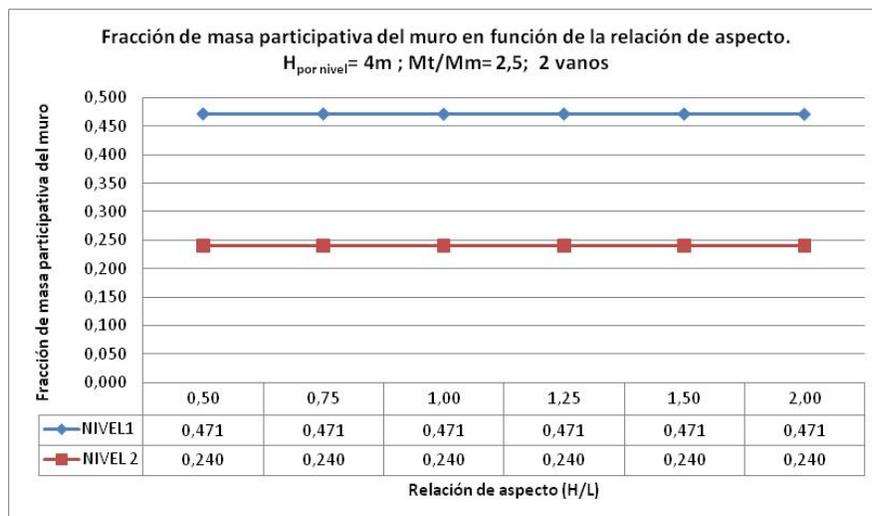
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,20% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,245 y mínimo de 0,244. Puede tomarse para este nivel 0,244 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.125.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,10\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,472$  y mínimo de  $0,471$ . Puede tomarse para este nivel  $0,472$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

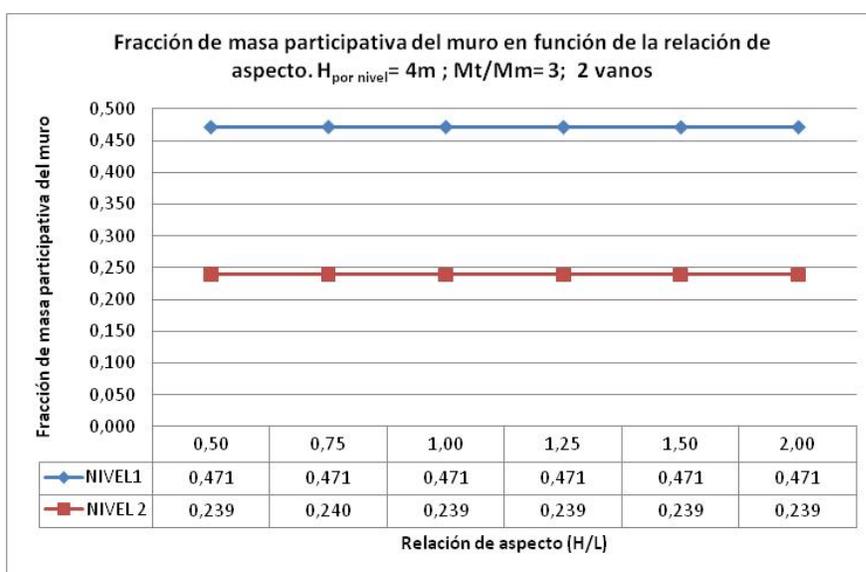
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,11\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,242$  y mínimo de  $0,241$ . Puede tomarse para este nivel  $0,241$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.126.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 2,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,17% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,471 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

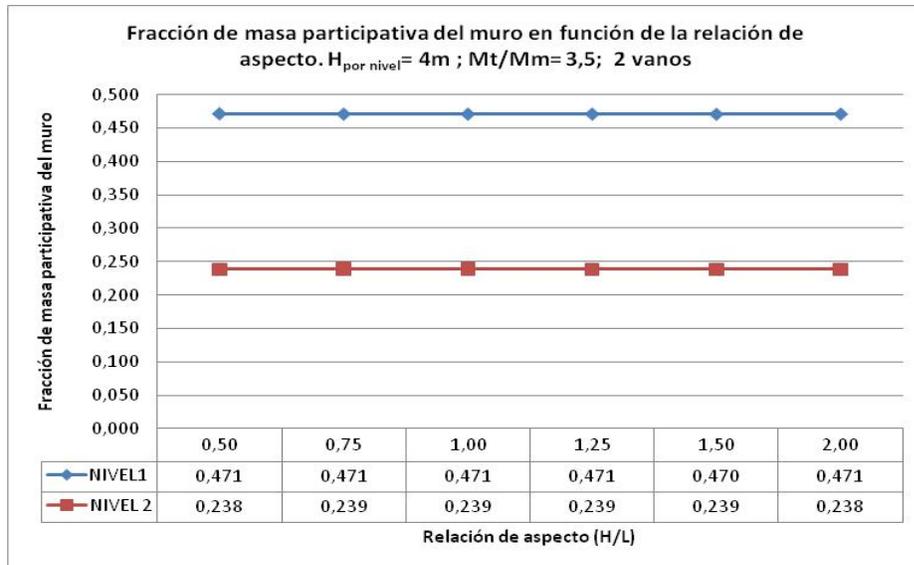
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,08% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,239. Puede tomarse para este nivel 0,240 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.127.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{Por nivel}}= 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m=3$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,01% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,471 y mínimo de 0,471. Puede tomarse para este nivel 0,471 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

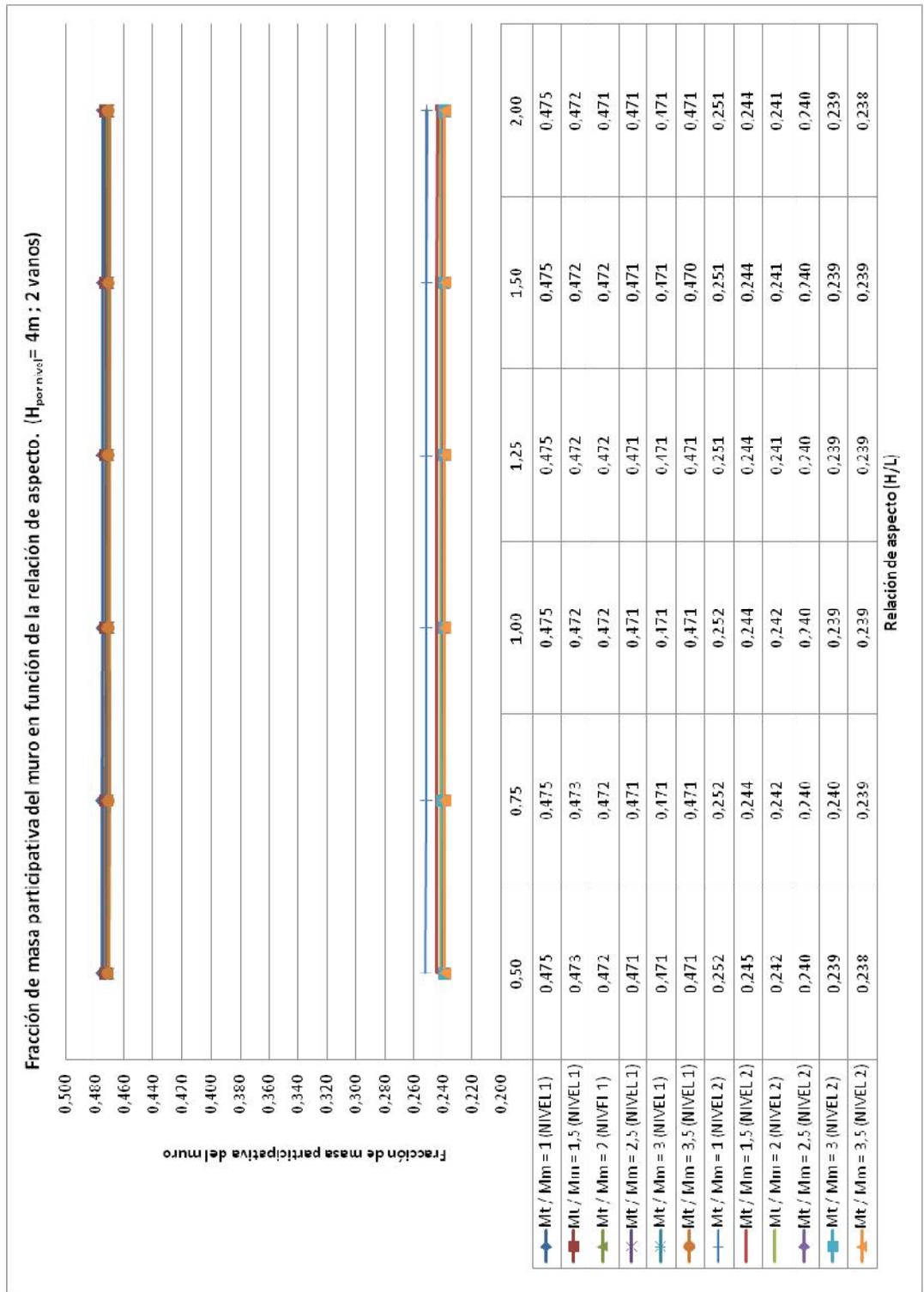
Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de -0,11% con un valor máximo de la fracción de masa participativa de 0,240 y mínimo de 0,239. Puede tomarse para este nivel 0,239 como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.128.** Fracción de masa participativa del muro de dos vanos y dos niveles en función de la relación de aspecto.  $H_{\text{por nivel}} = 4\text{m}$ ,  $M_t/M_m = 3,5$ .

Para el primer nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $-0,11\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,471$  y mínimo de  $0,470$ . Puede tomarse para este nivel  $0,471$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.

Para el segundo nivel la masa participativa del muro tiene un valor de diferencia de  $0,01\%$  con un valor máximo de la fracción de masa participativa de  $0,239$  y mínimo de  $0,238$ . Puede tomarse para este nivel  $0,239$  como valor promedio para la fracción de masa participativa del muro.



**GRÁFICO IV.129.** Fracción de masa participativa de todos los muros de dos vanos y dos niveles estudiados en función de la relación de aspecto.  $H = 3m$ . (Con vanos de distinta relación de aspecto).

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una estructura de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y altura por nivel de  $H= 4\text{m}$ , variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde 0,5 a 2 y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde 1 a 3,5. Los vanos del muro tienen distinta relación de aspecto ( $H/L$ ), para cada caso. A partir del análisis de los gráficos anteriores se observa lo siguiente:

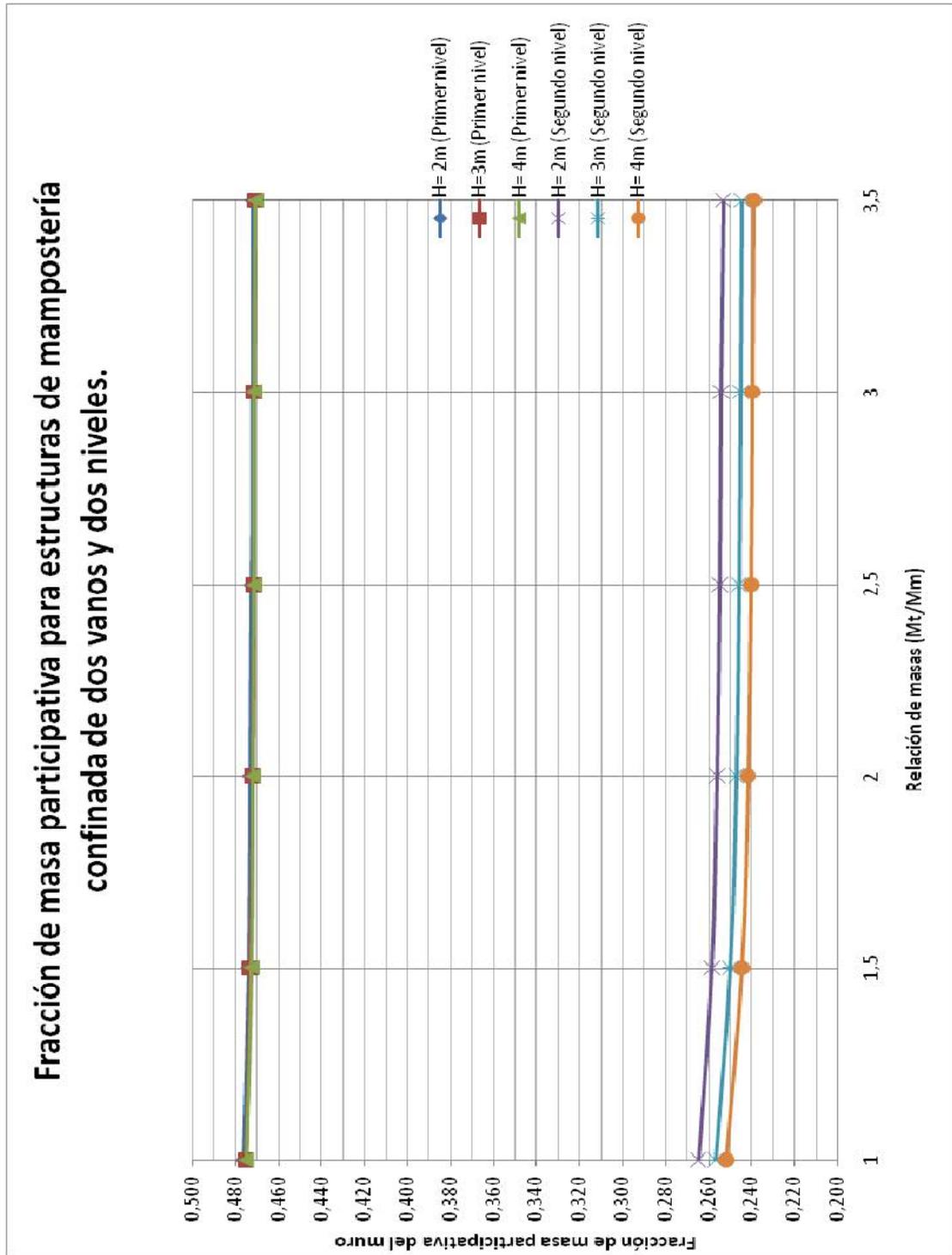
1. La variación de la fracción de masa participativa del muro para el primer y segundo nivel en función de la relación de aspecto ( $H/L$ ) es poca, en todos los casos con un porcentaje de diferencia menor al 1%.
2. La fracción de masa participativa del muro permanece prácticamente constante para el primer y segundo nivel de la estructura, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.
3. Para el primer nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,475 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,470 (Para una relación de aspecto  $H/L=1,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).
4. Para el segundo nivel el mayor valor de la fracción de masa participativa del muro es de 0,252 (Para una relación de aspecto  $H/L=0,50$  y una relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y el menor de 0,238 (Para una relación de aspecto  $H/L=2,00$  y una relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ).

#### **IV.4.4. Análisis de resultados para muros de dos vanos y dos niveles.**

Se realizó el estudio para determinar la fracción de masa participativa de una serie de estructuras de mampostería confinada de dos vanos, dos niveles y alturas por nivel respectivamente de  $H= 2\text{m}$ ,  $3\text{m}$  y  $4\text{m}$ . Variando la relación de aspecto ( $H/L$ ) desde  $0,5$  a  $2$  y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) desde  $1$  a  $3,5$ . Además se modelaron muros donde ambos vanos presentaban la misma relación de aspecto ( $H/L$ ) y muros con vanos de distinta relación de aspecto. A partir del análisis de todos los gráficos correspondientes al resultado de la estimación de la fracción de masa participativa de cada muro se observa lo siguiente:

1. En todos los casos independientemente de la altura del muro, la fracción de masa participativa del muro se mantiene prácticamente constante, independientemente de la variación de la relación de aspecto ( $H/L$ ) y la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro.

A continuación se recomienda gráfico para hallar la fracción de masa participativa del muro en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y altura ( $H$ ) del mismo. Los valores de la fracción de masa participativa se obtienen promediando para muros de una misma altura los valores para distintas relaciones de aspecto ( $H/L$ ).



**GRÁFICO IV.130.** Fracción de masa participativa para muros de dos vanos y dos niveles en función de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) y la altura ( $H$ ) del muro.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo, finalmente se presentan las conclusiones producto del análisis de los resultados obtenidos en el trabajo, además de algunas recomendaciones para darle continuidad a la línea de investigación.

#### **V.1. CONCLUSIONES**

En términos generales la variación del número de vanos y de la relación de aspecto (H/L) del muro no ocasiona cambios importantes en la fracción de masa participativa del mismo. Para los casos estudiados estas diferencias no superaron el 4%.

Para los casos estudiados la variación de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) genera cambios de hasta 13% en la fracción de masa participativa para muros de mampostería de un nivel, no ocurre de igual forma en muros de mampostería de dos niveles, donde se mantiene prácticamente constante para ambos niveles, principalmente para el primer nivel.

Para los casos estudiados la variación de la altura (H) del muro genera cambios de hasta 6% de la fracción de masa participativa para muros de mampostería de un nivel. Para muros de mampostería de dos niveles la variación es poca, prácticamente se mantiene constante para ambos niveles. A medida que aumenta la altura del muro disminuye el valor de la fracción de masa participativa del muro.

En función del número de niveles se puede concluir lo siguiente:

#### **V.1.1. Para muros de mampostería de un nivel.**

Se observa que la fracción de masa participativa depende principalmente de la altura del muro y de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ) del muro. Se obtienen variaciones mayores en función de la variación de la relación de masas ( $M_t/M_m$ ). Se encontró el valor máximo de 0,457 (Muro de un vano de altura  $H= 2m$ , relación de aspecto  $H/L=0,5$  y relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y mínimo de 0,373 (Muro de dos vanos de altura  $H= 2m$ , relación de aspecto  $H/L_2=0,75$  y relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ) para la fracción de masa participativa.

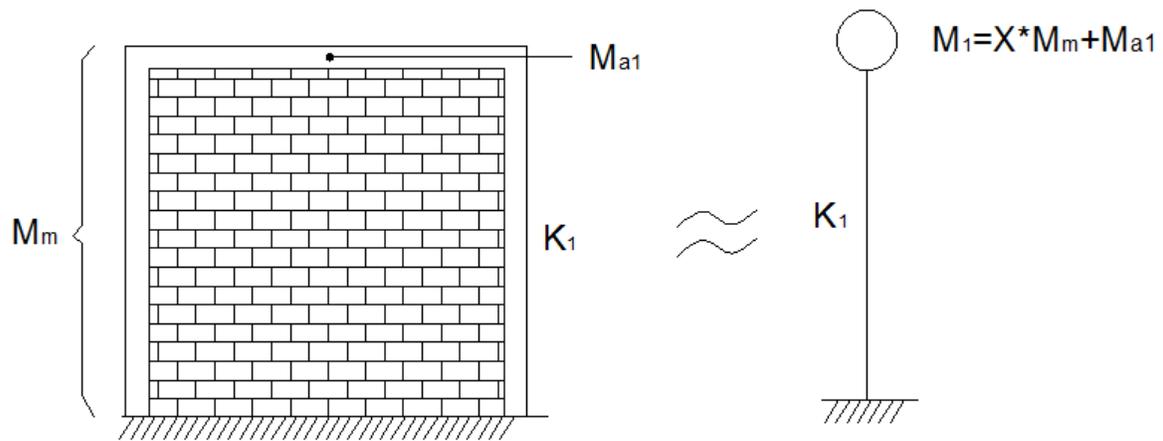
#### **V.1.2. Para muros de mampostería de dos niveles.**

La fracción de masa participativa del muro se mantiene prácticamente constante por nivel, principalmente para el primer nivel donde se encontró el valor máximo de 0,477 (Muro de dos vanos de altura por nivel  $H= 2m$ , relación de aspecto  $H/L_2=0,5$  y relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y mínimo de 0,469 (Muro de dos vanos de altura por nivel  $H= 3m$ , relación de aspecto  $H/L_2=0,5$  y relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ) para la fracción de masa participativa. Para el segundo nivel se encontró el valor máximo de 0,266 (Muro de dos vanos de altura por nivel  $H= 2m$ , relación de aspecto  $H/L_2=0,5$  y relación de masas  $M_t/M_m=1$ ) y mínimo de 0,238 (Muro de dos vanos de altura por nivel  $H= 2m$ , relación de aspecto  $H/L=2$  y relación de masas  $M_t/M_m=3,5$ ) para la fracción de masa participativa.

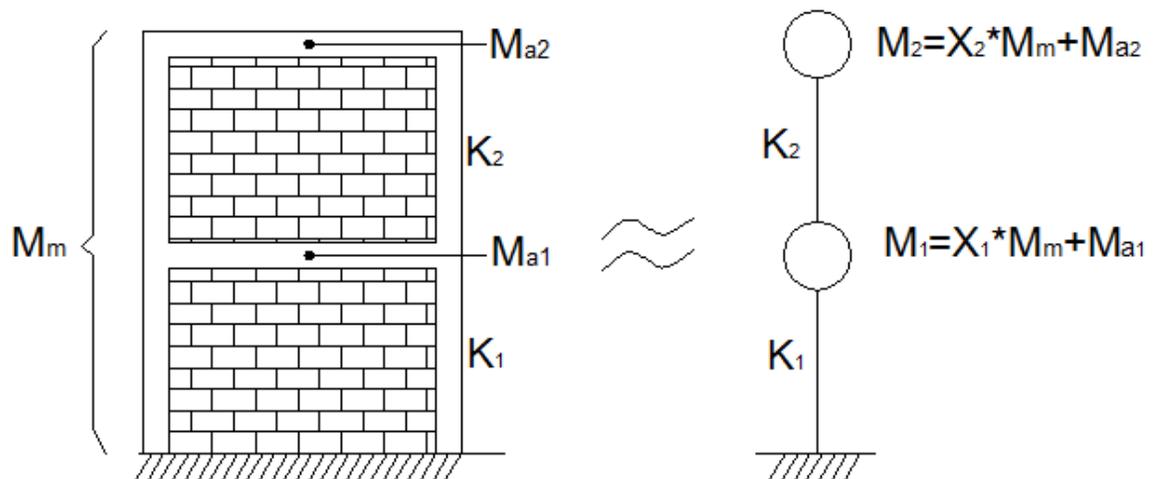
#### **V.1.3. Propuesta de modelo de masas equivalente por piso para estructuras de mampostería confinada de baja altura.**

Utilizando los valores de fracción de masa participativa que pueden estimarse con los gráficos de las secciones IV.1.4, IV.2.4, IV.3.4 y IV.4.4. Se propone el siguiente modelo de masas equivalente por nivel:

**a. Para muros de mampostería confinada de un nivel:**



**b. Para muros de mampostería confinada de dos niveles:**



**Donde:**

$M_n$ : Masa dinámica traslacional equivalente para el nivel "n".

$X_n$ : Fracción de masa participativa del muro para nivel "n".

$K_n$ : Rigidez lateral equivalente para nivel "n".

$M_m$ : Masa del muro.

$M_{a_n}$ : Masa adicional asignada en el sistema de entepiso del nivel "n".

## **V.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con la línea de investigación de mampostería estructural, realizando ensayos experimentales sobre este tipo de estructuras combinando el número de pisos y vanos para respaldar este trabajo de investigación.

En este trabajo los muros de mampostería de distintos vanos y pisos fueron modelados en el programa SAP 2000 y sometidos a un análisis dinámico lineal, por lo que se recomienda que en próximas investigaciones se realicen análisis dinámicos no-lineales, con degradación de rigidez.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carrillo, V., Molina, A. (1997). *Evaluación del comportamiento de muros confinados de bloques macizos de arcilla con diferentes relaciones de aspecto ante cargas laterales alternantes*. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
2. Castilla, E. (1991). *Experiencias recientes en mampostería confinada sismorresistente*. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de Profesor Asociado. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
3. Castilla, E. (1994). *Recomendaciones para el diseño sismo-resistente de paredes de mampostería confinada de bloques huecos de arcilla*. Contribuciones recientes a la ingeniería estructural y sismo-resistente. pp. 41-55.
4. Castilla, E. (1997). *Recomendaciones para el diseño sismorresistente de edificaciones de mampostería estructural*. Diseño sismorresistente: especificaciones y criterios empleados en Venezuela. Caracas: Academia de ciencias físicas matemáticas y naturales. pp. 333-345.
5. Castilla, E. (1998). *Evaluación de la respuesta de muros confinados de bloques de concretos contra ciclos severos de carga lateral*. Trabajo especial de grado para optar al título de Doctor en Ingeniería Estructural. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
6. Chopra, A. K. (1980). *Dynamics of structures a primer*. University of California: Earthquake Engineering Research Institute. 126 p.
7. Computers and Structures, Inc. (2009). *Analysis reference manual for SAP2000, ETABS, and SAFE*. Berkeley, California, USA: CSI. 470 p.
8. COVENIN-FUNVISIS. (2001). *Edificaciones Sismorresistentes, 1756:2001-1*. Caracas, Venezuela: Comisión venezolana de normas industriales.
9. COVENIN-MINDUR. (1988). *Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones, 2002-88*. Caracas, Venezuela: Comisión venezolana de normas industriales.

10. Fundación venezolana de investigaciones sismológicas. (2002). *La investigación sismológica en Venezuela*. Caracas: FUNVISIS. 118 p.
11. Gallegos, H., Casabonne, C. (Diciembre, 2005). *Albañilería estructural*. Tercera edición. Pontificia Universidad Católica del Perú: Fondo Editorial. 435 p.
12. Garcés, F. (Marzo, 2004). *Identificación de la rigidez lateral de edificios de muros*. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de Profesor Agregado. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
13. Garcés, F., Genatios, C., Lafuente, M. Mébarki, A. (Marzo, 2005). *Estudio del modelo de masas en la identificación de la rigidez de sistemas compuestos por muros*. Caracas: Boletín técnico del IMME. Vol. 43, N° 1. p.25-37.
14. Garcés, F. (Febrero, 2008). *Identification of civil engineering structures*. Thèse de doctorat. Discipline: Génie Civil. Université Paris-Est.
15. Grases, J., López, O., Hernández, J. (1984). *Edificaciones Sismorresistentes Manual de aplicación de las normas*. Caracas: Fondur. 236 p.
16. Hernández, E. (2010). *Manual de aplicación del programa SAP 2000 V.14*. Caracas: INESA. 363 p.
17. Lafuente, M., Genatios, C. (Febrero, 2000). *Experiencias sobre el comportamiento sísmico de estructuras de muros de mampostería*. Desastres sísmicos en desarrollo. Caracas: CISIS-IMME. p. ME 41-72.
18. Marinilli, A. y Castilla, E. (Julio, 2007). *Evaluación sismorresistente de muros de mampostería confinada con dos o más machones*. Caracas: Boletín técnico del IMME. Vol. 45, N° 2. p.58-73.
19. Mente, B., Rosero, K. (1990). *Evaluación del comportamiento de muros confinados con bloques de arcilla con esbeltez mayor que uno bajo la acción de cargas axiales y laterales*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
20. NTCM. (2004). *Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*. D.F.; Mexico: Comité de normas Distrito Federal.
21. NTE. (2006). *Norma Técnica E.070 Albañilería*. Perú.

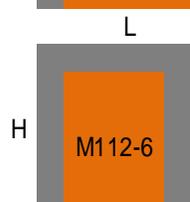
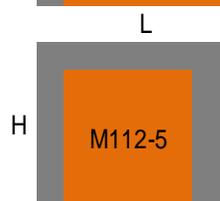
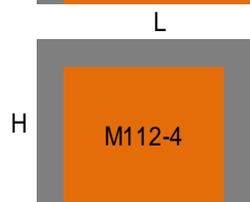
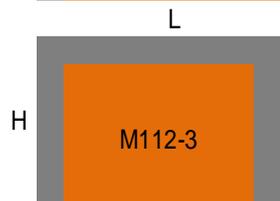
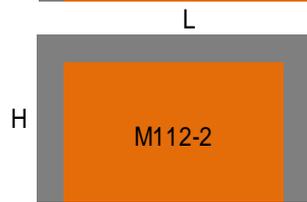
22. Olbrich, F., Páez, V. (Noviembre, 2010). *Estudio de modelos de rigidez lateral equivalente para estructuras de mampostería confinada*. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
23. San Bartolomé, A. (1998). *Construcciones de albañilería, comportamiento sísmico y diseño estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú: Fondo Editorial. 228 p.

## ANEXOS

### ANEXOS 1: MUROS DE MAMPOSTERÍA DE UN VANO Y UN NIVEL.

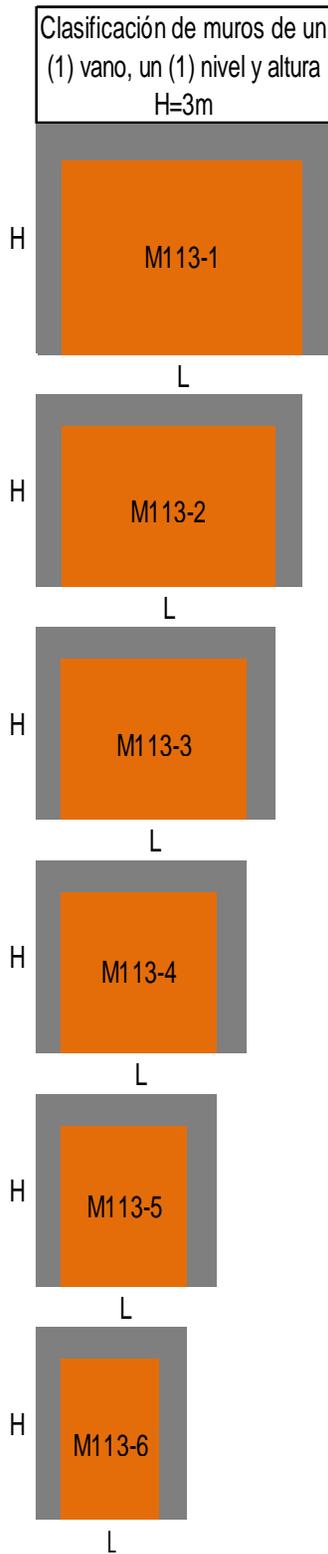
#### ANEXO 1.1: Muros de mampostería de un vano, un nivel y altura H=2m.

Clasificación de muros de un (1) vano, un (1) nivel y altura H=2m



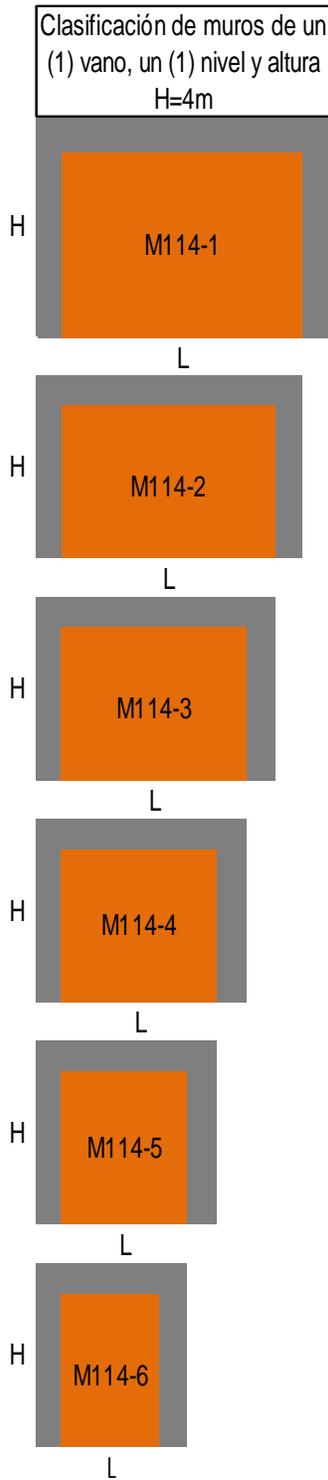
Geometría general			
H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
2,00	4,00	0,5	15
2,00	2,67	0,75	15
2,00	2,00	1	15
2,00	1,60	1,25	15
2,00	1,33	1,5	15
2,00	1,00	2	15

**ANEXO 1.2:** Muros de mampostería de un vano, un nivel y altura H=3m.



Geometría general			
H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
3,00	6,00	0,5	15
3,00	4,00	0,75	15
3,00	3,00	1	15
3,00	2,40	1,25	15
3,00	2,00	1,5	15
3,00	1,50	2	15

**ANEXO 1.3: Muros de mampostería de un vano, un nivel y altura H=4m.**



Geometría general			
H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
4,00	8,00	0,5	15
4,00	5,33	0,75	15
4,00	4,00	1	15
4,00	3,20	1,25	15
4,00	2,67	1,5	15
4,00	2,00	2	15

## ANEXOS 2: MUROS DE MAMPOSTERÍA DE DOS VANOS Y UN NIVEL.

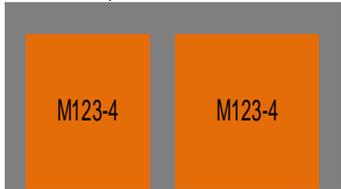
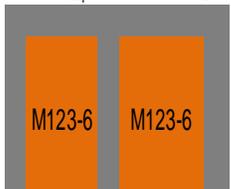
**ANEXO 2.1:** Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura  $H=2\text{m}$ . (Todos los vanos con la misma relación de aspecto  $H/L$ )

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura $H=2\text{m}$		Geometría general					
		$H$ (m)	$L_1$ (m)	$L_2$ (m)	R.A. ( $H/L_1$ )	R.A. ( $H/L_2$ )	Espesor del muro (cm)
H		2,00	4,00	4,00	0,50	0,5	15
H		2,00	2,67	2,67	0,75	0,75	15
H		2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	15
H		2,00	1,60	1,60	1,25	1,25	15
H		2,00	1,33	1,33	1,50	1,50	15
H		2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	15

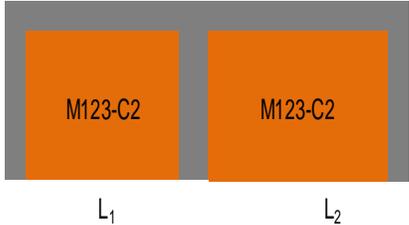
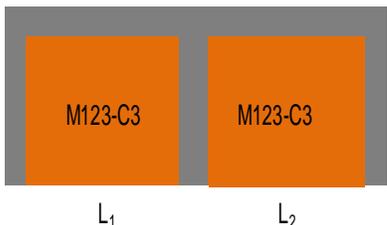
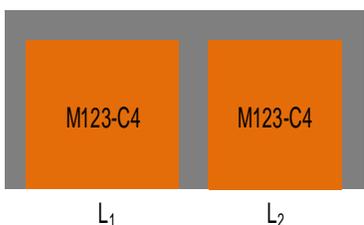
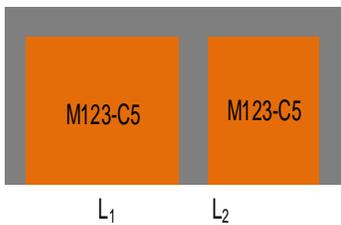
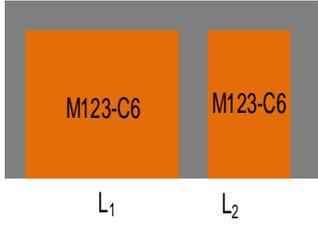
**ANEXO 2.2: Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura H=2m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)**

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura H=2m		Geometría general					
		H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
H		2,00	2,00	4,00	1,00	0,50	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						
H		2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						
H		2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						
H		2,00	2,00	1,60	1,00	1,25	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						
H		2,00	2,00	1,33	1,00	1,50	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						
H		2,00	2,00	1,00	1,00	2,00	15
	L <sub>1</sub> L <sub>2</sub>						

**ANEXO 2.3: Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura H=3m. (Todos los vanos con la misma relación de aspecto H/L)**

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura H=3m		Geometría general				
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)	
	3,00	6,00	6,00	0,50	0,5	15
	3,00	4,00	4,00	0,75	0,75	15
	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	15
	3,00	2,40	2,40	1,25	1,25	15
	3,00	2,00	2,00	1,50	1,50	15
	3,00	1,50	1,50	2,00	2,00	15

**ANEXO 2.4: Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura H=3m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)**

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura H=3m		Geometría general				
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)	
 <p>M123-C1</p>	3,00	3,00	6,00	1,00	0,50	15
 <p>M123-C2</p>	3,00	3,00	4,00	1,00	0,75	15
 <p>M123-C3</p>	3,00	3,00	3,00	1	1	15
 <p>M123-C4</p>	3,00	3,00	2,40	1	1,25	15
 <p>M123-C5</p>	3,00	3,00	2,00	1	1,5	15
 <p>M123-C6</p>	3,00	3,00	1,50	1	2	15

**ANEXO 2.5: Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura H=3m. (Todos los vanos con la misma relación de aspecto H/L)**

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura H=4m		Geometría general						
H	M124-1	M124-1	H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
H	M124-1	M124-1	4,00	8,00	8,00	0,50	0,5	15
H	M124-2	M124-2	4,00	5,33	5,33	0,75	0,75	15
H	M124-3	M124-3	4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	15
H	M124-4	M124-4	4,00	3,20	3,20	1,25	1,25	15
H	M124-5	M124-5	4,00	2,67	2,67	1,50	1,50	15
H	M124-6	M124-6	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	15

**ANEXO 2.6:** Muros de mampostería de dos vanos, un nivel y altura H=4m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)

Clasificación de muros de dos (2) vanos, un (1) nivel y altura H=4m		Geometría general				
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)	
4,00	4,00	8,00	1,00	0,5	15	
4,00	4,00	5,33	1,00	0,75	15	
4,00	4,00	4,00	1,00	1	15	
4,00	4,00	3,20	1,00	1,25	15	
4,00	4,00	2,67	1,00	1,5	15	
4,00	4,00	2,00	1,00	2	15	

### ANEXOS 3: MUROS DE MAMPOSTERÍA DE UN VANO DOS NIVELES.

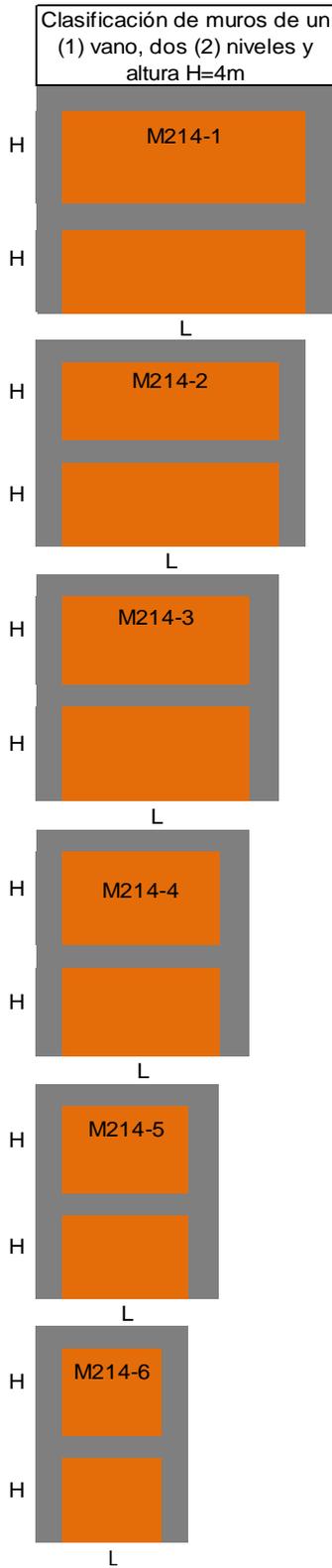
#### ANEXO 3.1: Muros de mampostería de un vano, dos niveles y altura por nivel H=2m.

Clasificación de muros de un (1) vano, dos (2) niveles y altura H=2m		Geometría general			
		H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
H	M212-1	2,00	4,00	0,5	15
H					
H	M212-2	2,00	2,67	0,75	15
H					
H	M212-3	2,00	2,00	1	15
H					
H	M212-4	2,00	1,60	1,25	15
H					
H	M212-5	2,00	1,33	1,5	15
H					
H	M212-6	2,00	1,00	2	15
H					

**ANEXO 3.2:** Muros de mampostería de un vano, dos niveles y altura por nivel H=3m.

Clasificación de muros de un (1) vano, dos (2) niveles y altura H=3m		Geometría general			
		H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
H	M213-1	3,00	6,00	0,5	15
H					
L					
H	M213-2	3,00	4,00	0,75	15
H					
L					
H	M213-3	3,00	3,00	1	15
H					
L					
H	M213-4	3,00	2,40	1,25	15
H					
L					
H	M213-5	3,00	2,00	1,5	15
H					
L					
H	M213-6	3,00	1,50	2	15
H					
L					

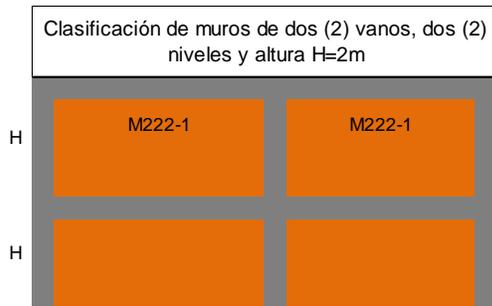
**ANEXO 3.3: Muros de mampostería de un vano, dos niveles y altura por nivel H=4m.**



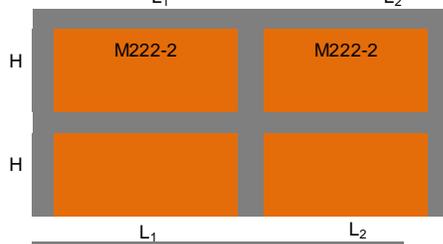
Geometría general			
H (m)	L (m)	Relación de aspecto (H/L)	Espesor del muro (cm)
4,00	8,00	0,5	15
4,00	5,33	0,75	15
4,00	4,00	1	15
4,00	3,20	1,25	15
4,00	2,67	1,5	15
4,00	2,00	2	15

## ANEXOS 4: MUROS DE MAMPOSTERÍA DE DOS VANOS Y DOS NIVELES.

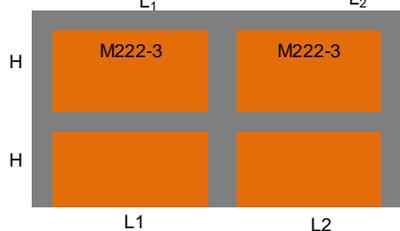
**ANEXO 4.1:** Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y altura por nivel  $H=2\text{m}$ . (Todos los vanos con la misma relación de aspecto  $H/L$ )



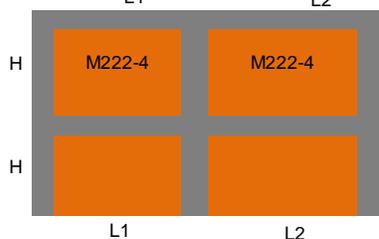
Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
2,00	4,00	4,00	0,50	0,5	15



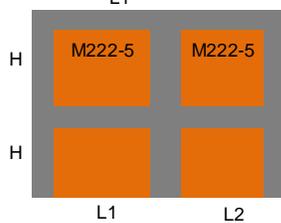
2,00	2,67	2,67	0,75	0,75	15
------	------	------	------	------	----



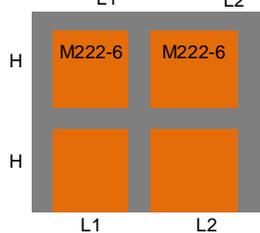
2,00	2,00	2,00	1,00	1,00	15
------	------	------	------	------	----



2,00	1,60	1,60	1,25	1,25	15
------	------	------	------	------	----

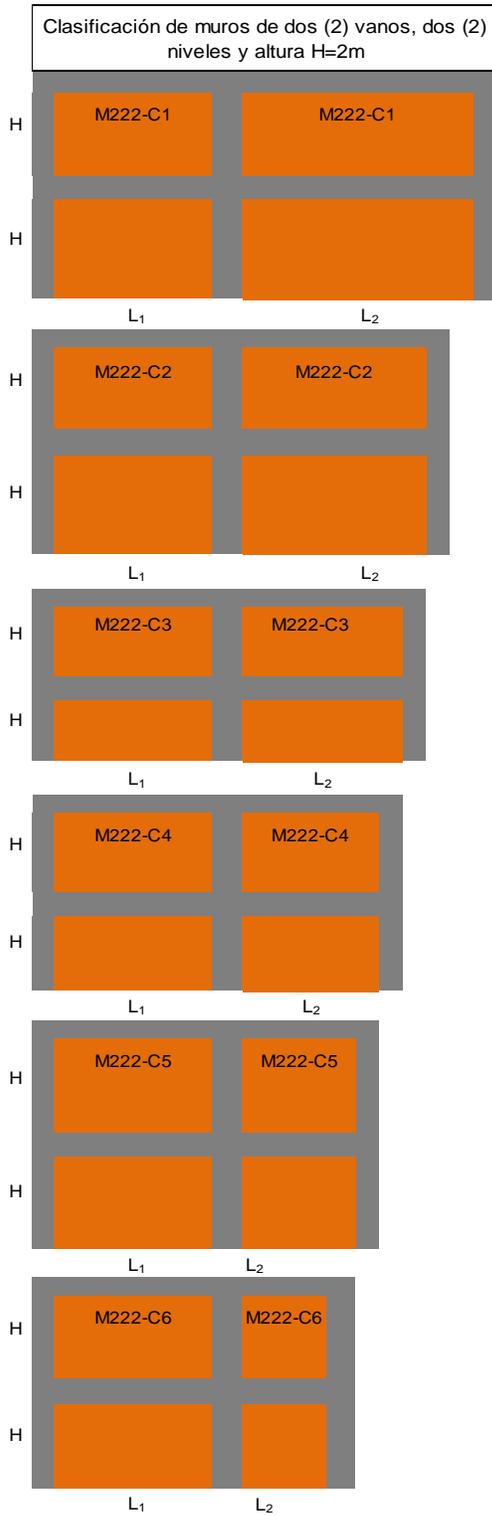


2,00	1,33	1,33	1,50	1,50	15
------	------	------	------	------	----



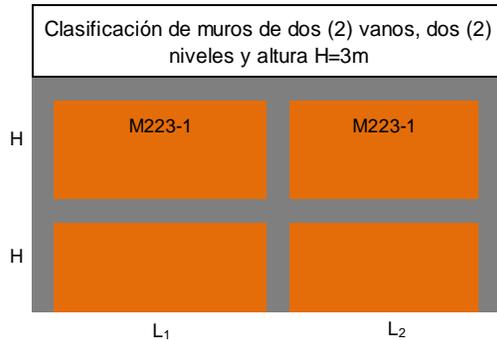
2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	15
------	------	------	------	------	----

**ANEXO 4.2:** Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y altura por nivel H=2m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)

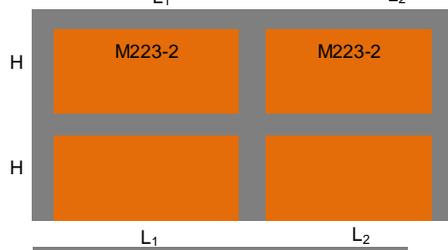


Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
2,00	2,00	4,00	1,00	0,50	15
2,00	2,00	2,67	1,00	0,75	15
2,00	2,00	2,00	1	1	15
2,00	2,00	1,60	1	1,25	15
2,00	2,00	1,33	1	1,5	15
2,00	2,00	1,00	1	2	15

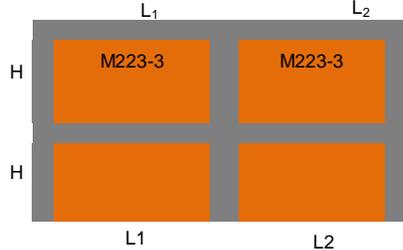
**ANEXO 4.3: Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y altura por nivel H=3m. (Todos los vanos con la misma relación de aspecto H/L)**



Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
3,00	6,00	6,00	0,50	0,5	15



3,00	4,00	4,00	0,75	0,75	15
------	------	------	------	------	----



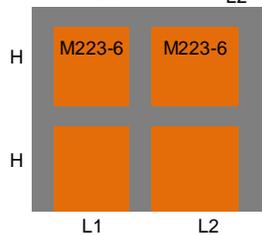
3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	15
------	------	------	------	------	----



3,00	2,40	2,40	1,25	1,25	15
------	------	------	------	------	----

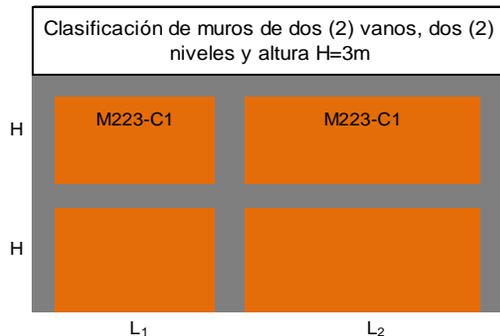


3,00	2,00	2,00	1,50	1,50	15
------	------	------	------	------	----

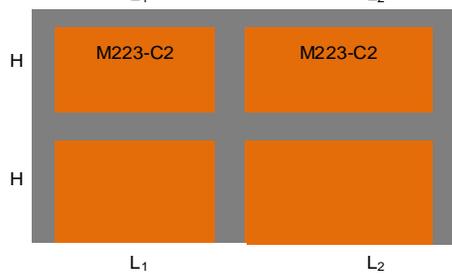


3,00	1,50	1,50	2,00	2,00	15
------	------	------	------	------	----

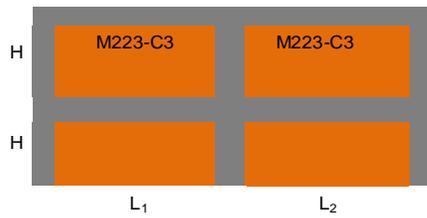
**ANEXO 4.4:** Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y altura por nivel H=3m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)



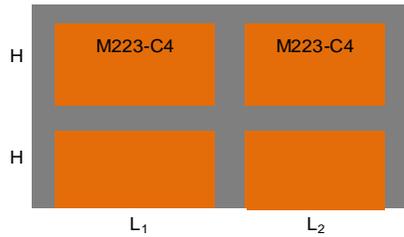
Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
3,00	3,00	6,00	1,00	0,50	15



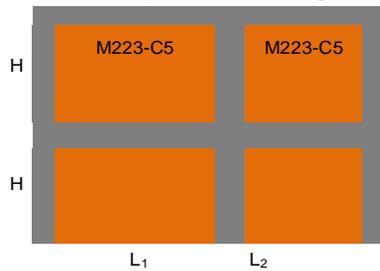
3,00	3,00	4,00	1,00	0,75	15
------	------	------	------	------	----



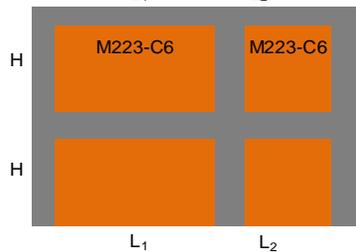
3,00	3,00	3,00	1	1	15
------	------	------	---	---	----



3,00	3,00	2,40	1	1,25	15
------	------	------	---	------	----

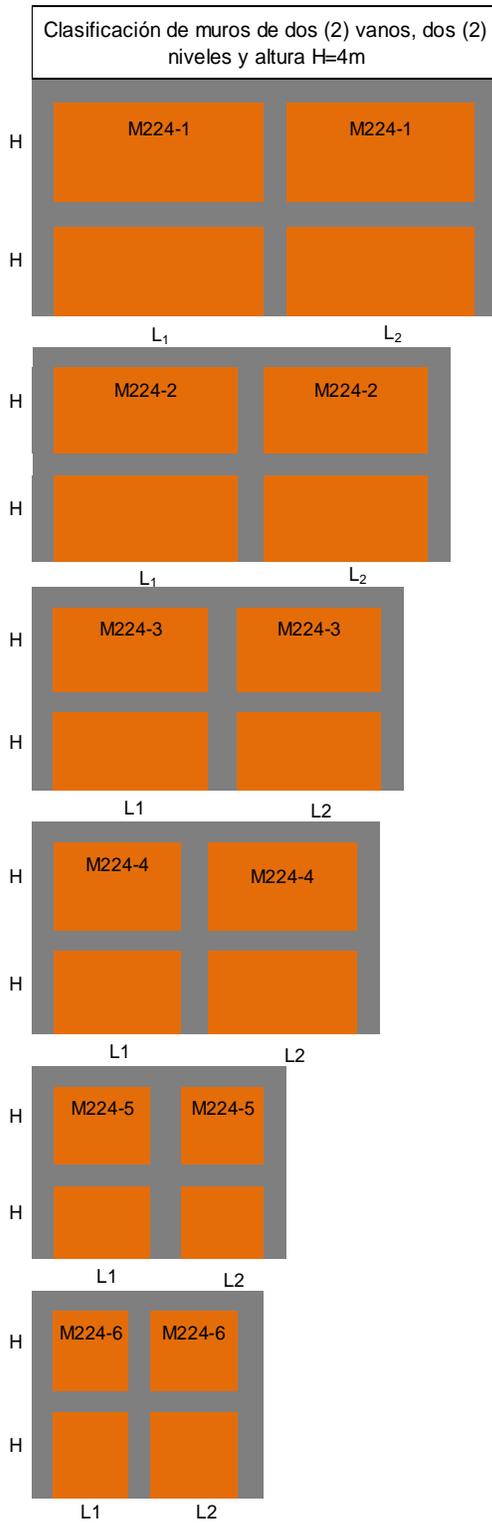


3,00	3,00	2,00	1	1,5	15
------	------	------	---	-----	----



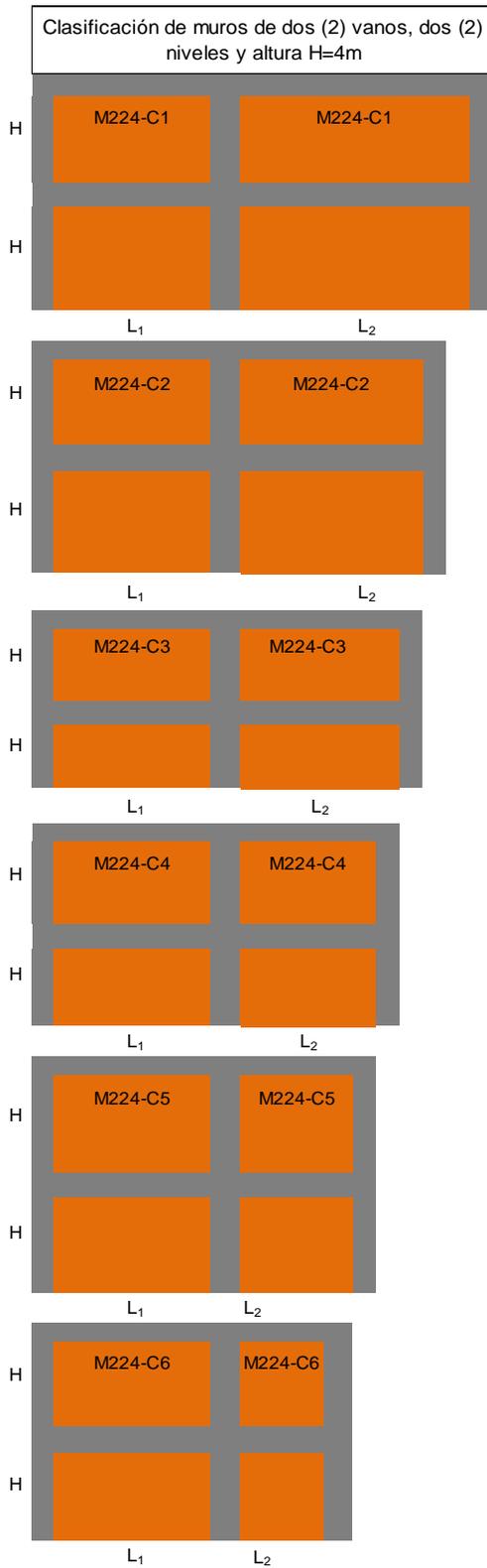
3,00	3,00	1,50	1	2	15
------	------	------	---	---	----

**ANEXO 4.5:** Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y altura por nivel H=4m. (Todos los vanos con la misma relación de aspecto H/L)



Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
4,00	8,00	8,00	0,50	0,5	15
4,00	5,33	5,33	0,75	0,75	15
4,00	4,00	4,00	1,00	1,00	15
4,00	3,20	3,20	1,25	1,25	15
4,00	2,67	2,67	1,50	1,50	15
4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	15

**ANEXO 4.6: Muros de mampostería de dos vanos, dos niveles y por nivel altura H=4m. (Vanos con distinta relación de aspecto H/L)**



Geometría general					
H (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	R.A. (H/L <sub>1</sub> )	R.A. (H/L <sub>2</sub> )	Espesor del muro (cm)
4,00	4,00	8,00	1,00	0,50	15

4,00	4,00	5,33	1,00	0,75	15
------	------	------	------	------	----

4,00	4,00	4,00	1	1	15
------	------	------	---	---	----

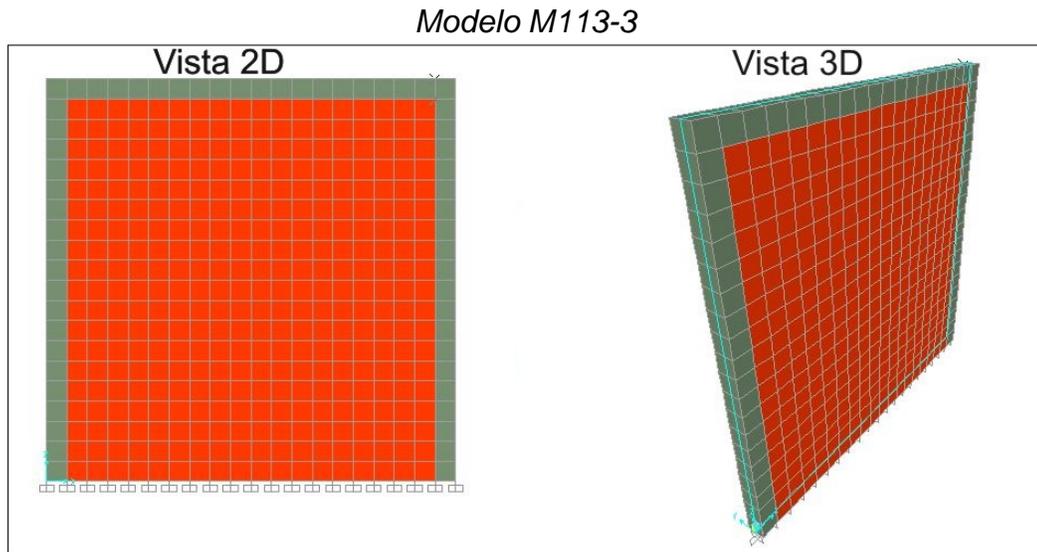
4,00	4,00	3,20	1	1,25	15
------	------	------	---	------	----

4,00	4,00	2,67	1	1,5	15
------	------	------	---	-----	----

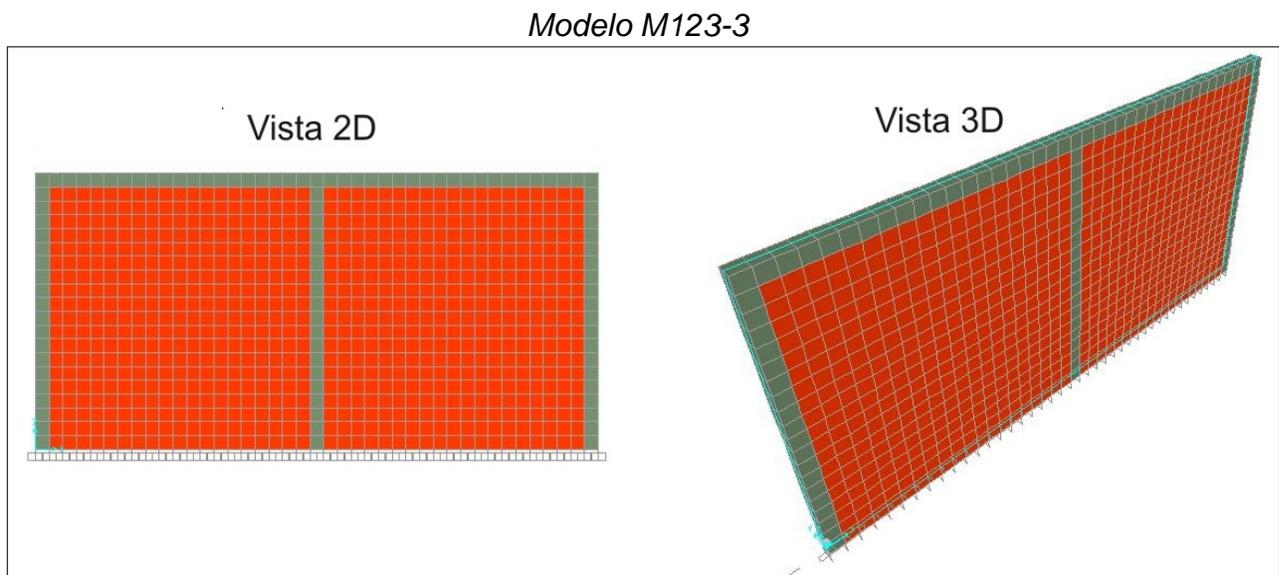
4,00	4,00	2,00	1	2	15
------	------	------	---	---	----

**ANEXOS 5: DISTINTOS MODELOS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA EN EL PROGRAMA SAP 2000.**

**ANEXO 5.1:** *Modelo base* de mampostería un nivel y un vano, de altura por piso  $H=3\text{m}$  y relación de aspecto  $H/L=1$ .

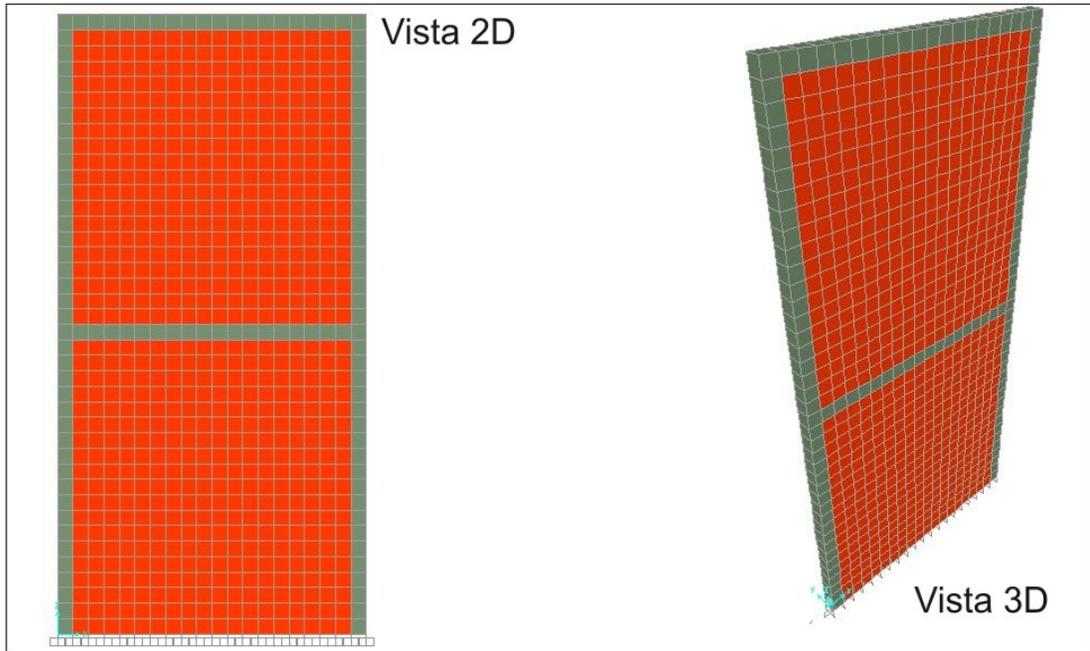


**ANEXO 5.2:** *Modelo base* de mampostería un nivel y dos vanos, de altura por piso  $H=3\text{m}$  y relación de aspecto  $H/L=1$ .



**ANEXO 5.3:** *Modelo base* de mampostería dos niveles y un vano, de altura por piso  $H=3\text{m}$  y relación de aspecto  $H/L=1$ .

*Modelo M213-3*



**ANEXO 5.4:** *Modelo base* de mampostería de dos niveles y dos vanos, de altura por piso  $H=3\text{m}$  y relación de aspecto  $H/L=1$ .

*Modelo M223-3*

