

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL FRISO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA Y DE CONCRETO**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por las Brs.:  
Bastardo Valero, Jesireth  
Cadenas Oporta, Yanelys Del Carmen  
Para optar al Título de  
Ingeniero Civil

Caracas, Junio 2006

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL FRISO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA Y DE CONCRETO**

TUTORES ACADÉMICOS:

Prof. Norberto Fernández

Prof. Enrique Castilla

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por las Brs.:  
Bastardo Valero, Jesireth  
Cadenas Oporta, Yanelys Del Carmen  
Para optar al Título de  
Ingeniero Civil

Caracas, Junio 2006

**ACTA**

El día Martes se reunió el Jurado formado por los profesores:

MARIA Eugenia Kozody  
Angelo Marinilli  
NOBERTO FERNANDEZ

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL FRISO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA Y DE CONCRETO"**.  
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que las Bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este Jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Jesireth Bastardo V.	20	VEINTE
Br. Yanelys D. Cadenas O.	20	VEINTE

Recomendaciones:

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO

Noberto F. F.  
Marinilli  
Maria E. Kozody

Caracas, 27 de junio de 2006

## ACTA

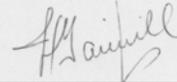
Quienes suscriben, integrantes de la totalidad del jurado examinador del Trabajo Especial de Grado titulado "INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL FRISO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA Y DE CONCRETO"; presentado por la Br. Bastardo Valero Jesireth, titular de la Cédula de Identidad N° 13.140.098 y la Br. Cadenas Oporta, Yanelys Del Carmen, titular de la Cédula de Identidad N° 14.196.035 para optar al título de Ingeniero Civil, acordaron por unanimidad solicitarle a las autoridades correspondientes de la Facultad de Ingeniería, tengan a bien otorgar **MENCIÓN HONORÍFICA** al Trabajo de Grado antes mencionado.

Esta solicitud se hace en virtud que la metodología empleada y los resultados obtenidos proporcionan indicios sobre las ventajas que tendría el uso de los frisos en la mampostería estructural, lo cual inicia un nuevo campo de investigación dentro de la Línea "Mampostería" desarrollada por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME). Adicionalmente, la excelencia del contenido del trabajo y su presentación formal, lo convierten en una referencia útil para futuras investigaciones.

Se levanta la presenta Acta en Caracas, a los veintisiete días del mes de junio de dos mil seis.



María Eugenia Korody  
Jurado Principal



Ángelo Marinilli  
Jurado Principal



Norberto Fernández  
Tutor Académico

*A Dios, por darme la vida e iluminar siempre mi camino  
A mi mamá, papá, y hermana, por creer en mí  
y en que cada día sería una mejor persona  
A mi Carlos, por todo su amor*

*Jesirelh*

*A Dios, por darme fuerza en cada amanecer  
A mis padres, por su apoyo incondicional  
A mis hermanas y sobrinas, son mi alegría  
A mi compañero de alma, gracias*

*Yanelys*

---

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela por ser la casa de estudios que nos brindó la oportunidad de lograr esta meta importante en nuestras vidas.

Al Profesor Norberto Fernández y al Profesor Enrique Castilla, nuestros tutores, por su asesoría, por sus sabias orientaciones y conocimientos para enriquecer y culminar esta investigación.

A las empresas HOLCIM (Venezuela) C.A, Concretera Nuevo Horizonte C.A. y Alfarería Venezuela C.A., por la donación de los materiales necesarios para la ejecución de los ensayos.

A todo el personal que trabaja en el IMME; en especial a los Profesores Duilio Marcial y César Peñuela y al personal técnico conformado por Elionet, Robert, Rene, Lee, Lisandro, Andrés y el Sr. Aquino, por su colaboración dedicada y eficiente en la ejecución de los ensayos, como parte esencial en el desarrollo de este trabajo.

A los Profesores: Angelo Marinilli, Maria Eugenia Korody, Dilio Godoy, Roberto Rosario, Abilio Carrillo, Nelson Camacho y Sergio Rodríguez, por apoyo, sugerencias, orientaciones y aporte de conocimientos durante la elaboración de este trabajo.

A todos aquellos profesores que durante nuestros años de formación dejaron una huella imborrable, no sólo por sus enseñanzas a nivel académico, sino también a nivel personal.

A la familia Bastardo y Cadenas, por ser el motor y el motivo que nos impulsó a prepararnos y seguir adelante día a día.

A nuestros amigos y futuros colegas: Jano, Kristian, Ricardo, Alba, Renghild, Luisito y Franco, por su ayuda, apoyo incondicional y por compartir las dificultades y alegrías en cada etapa de la carrera.

A las personas que compartieron con nosotras parte importante de su tiempo y nos brindaron cariño, apoyo incondicional, palabras de aliento y estímulo para seguir adelante cada día; en especial a la familia Clemente, Lic. Sonia Carrillo, Gregory Mercado, Carlos García, Aura Emilia, Yaritza, Vanessa, Williams, Daniel, Nelson y Alexandra López.

*A todos, Mil Gracias...*

**Bastardo V., Jesireth  
Cadenas O., Yanelys D.**

**INFLUENCIA DEL ESPESOR DEL FRISO EN LAS  
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA CON  
BLOQUES HUECOS DE ARCILLA Y DE CONCRETO**

**Tutor Académico: Prof. Norberto Fernández.  
Tutor Académico: Prof. Enrique Castilla.**

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.**

**Escuela de Ingeniería Civil. 2006, 152 p.**

**Palabras Clave:** (mampostería, bloques huecos de arcilla, bloques huecos de concreto, pila, murete, ensayo, friso, resistencia a la compresión, resistencia al corte, columna corta)

### **Resumen**

La mampostería como elemento de cerramiento o divisorio de espacios, es ampliamente utilizada en gran parte de las edificaciones de diversos países ubicados en zonas sísmicas, entre los que se encuentra Venezuela. Para la construcción de muros de mampostería con este fin, no se realiza un estudio adecuado sobre la influencia de éstos en el comportamiento estructural de las edificaciones. De lo antes expuesto, se deben destacar los muros de mampostería que llenan parcialmente la altura de las columnas de las edificaciones, ocasionando el denominado fenómeno de columna corta o columna cautiva; una falla que puede provocar el colapso parcial o total de una estructura ante la ocurrencia de sismos. Una de las inquietudes de los últimos años está en que el fenómeno de columna corta se puede hacer más crítico al colocar friso en las paredes de mampostería, al presumirse que éste influya en sus propiedades mecánicas de la pared y por lo tanto, también pueda influir en el comportamiento de la mampostería ante la acción de sismos.

El objeto del presente trabajo está en evaluar la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería. Para este fin, se realizó la construcción de pilas y muretes, con bloques huecos de arcilla y de concreto, sin frisar y con dos espesores de friso (1 y 2 cm); fabricándose cinco especímenes por cada tipo de pila y murete y realizándose luego, ensayos de compresión simple a las pilas y compresión diagonal a los muretes. Adicionalmente, se efectuaron ensayos de compresión simple a los dos tipos de bloques y al mortero de pega y friso, como materiales utilizados para la construcción de las pilas y los muretes.

De esta manera se realizó una investigación de tipo experimental, donde los resultados obtenidos muestran cómo el hecho de frisar la mampostería aumentó la resistencia a la compresión ( $f_m$ ) y la resistencia al corte ( $v_m$ ). Los cambios más significativos encontrados están entre los especímenes sin frisar y los frisados

con 1 cm, al obtener un incremento aproximado del 37% y 48% en la  $f_m$  de la mampostería con bloques huecos de arcilla y de concreto, respectivamente, y un incremento aproximado del 218% y 123% en la  $v_m$  de la mampostería con bloques huecos de arcilla y de concreto, respectivamente

Los resultados también indican que al aumentar el espesor del friso de 1 cm a 2 cm, hubo poca contribución en la resistencia de la mampostería; a excepción de la resistencia a la compresión de las pilas con bloques huecos de arcilla, donde el incremento aproximado fue de un 29%. Se debe destacar también que el hecho de colocar friso en las pilas con bloques huecos de arcilla, evitó la ocurrencia de fallas explosivas y en los muretes contribuyó a la ocurrencia de fallas por tracción en la diagonal. En vista de lo anterior, se recomienda evaluar el uso del friso en la mampostería como un elemento que mejore el comportamiento sismorresistente de la mampostería estructural.

Los resultados obtenidos evidencian que el hecho de colocar friso en paredes divisorias o de cerramiento, hace más crítico el fenómeno de columna corta (columna cautiva), ya que al aumentar significativamente la resistencia de la mampostería, puede implicar un aumento significativo no esperado en la fuerza cortante de la columna.

## ÍNDICE GENERAL

	pp.
RESUMEN.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICOS/FIGURAS.....	xv
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	xxi
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULOS</b>	
<b>I</b>	
<b>FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Marco Referencial.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
1.4. Aportes.....	7
<b>II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1. Consideraciones generales de la mampostería.....	9
2.2. Usos generales de la mampostería.....	10
2.2.1. Mampostería como elemento estructural.....	10
2.2.2. Mampostería como elemento no estructural.....	11
2.3. Materiales para mampostería como elemento no estructural.....	11
2.3.1. Bloques.....	11
2.3.1.1. Bloques huecos de arcilla.....	13
2.3.1.2. Bloques huecos de concreto.....	13
2.3.2. Mortero.....	14
2.3.2.1. Componentes del mortero.....	15
2.3.2.2. Propiedades del mortero en estado plástico.....	16
2.3.2.3. Propiedades del mortero en estado endurecido.....	16
2.3.2.4. Friso en la mampostería.....	17
2.4. Propiedades mecánicas de la mampostería.....	19
2.4.1. Comportamiento mecánico de la mampostería en compresión.....	19
2.4.2. Comportamiento de la mampostería a cortante.....	22
2.5. Fenómeno de Columna Corta (Columna Cautiva) producido por la mampostería.....	27

<b>III</b>	<b>MÉTODO</b> .....	31
	3.1. Selección y predimensionado de los especímenes.....	31
	3.1.1. Bloques huecos de arcilla.....	32
	3.1.2. Bloques huecos de concreto.....	32
	3.1.3. Pilas.....	33
	3.1.4. Muretes.....	35
	3.1.5. Probetas cúbicas.....	38
	3.2. Mortero.....	38
	3.2.1. Componentes del mortero.....	39
	3.2.2. Preparación del mortero.....	40
	3.3. Construcción de Pilas y Muretes.....	41
	3.3.1. Pilas.....	42
	3.3.2. Muretes.....	43
	3.4. Elaboración de Probetas Cúbicas.....	44
	3.5. Determinación de las características de los especímenes.....	45
	3.5.1. Bloques.....	45
	3.5.2. Pilas y Muretes .....	46
	3.5.3. Probetas cúbicas.....	46
	3.6. Preparación de los especímenes para ser ensayados.....	47
	3.7. Realización de Ensayos.....	48
	3.7.1. Ensayos de Compresión Simple.....	48
	3.7.2. Ensayos de Compresión Diagonal.....	49
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	52
	4.1. Granulometría de las Arenas.....	52
	4.2. Características de los Bloques.....	56
	4.2.1. Características de los Bloques huecos de arcilla.....	57
	4.2.2. Características de los Bloques huecos de concreto.....	58
	4.3. Características de las Pilas y Muretes .....	58
	4.4. Características de las Probetas Cúbicas.....	64
	4.5. Resultados de los ensayos de compresión simple a bloques huecos de arcilla.....	66
	4.5.1. Análisis de las fallas observadas en los bloques huecos de arcilla.....	66
	4.5.2. Resultados y análisis de los ensayos en los bloques huecos de arcilla.....	67
	4.6. Resultados de los ensayos de compresión simple a bloques huecos de concreto.....	69
	4.6.1. Análisis de las fallas observadas en los bloques huecos de concreto.....	69
	4.6.2. Resultados y análisis de los ensayos en los bloques huecos de concreto.....	71
	4.7. Resultados de los ensayos de compresión simple a Pilas construidas con bloques huecos de arcilla.....	72

4.7.1. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla, sin friso.....	73
4.7.2. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 y 2 cm.....	74
4.7.3. Resultados y análisis de los ensayos en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla....	77
4.8. Ensayos de compresión simple a Pilas construidas con bloques de concreto.....	79
4.8.1. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques de concreto, sin friso....	79
4.8.2. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques e concreto, con friso de 1 y 2 cm.....	81
4.8.3. Resultados y análisis de los ensayos en las pilas construidas con bloques de concreto, sin friso y con friso de 1 y 2 cm.....	83
4.9. Ensayos de compresión simple a Probetas cúbicas.....	85
4.9.1. Análisis de las fallas observadas en las probetas cúbicas.....	85
4.9.2. Resultados y análisis de los ensayos en las probetas cúbicas.....	87
4.10. Ensayos de compresión diagonal a Muretes construidos con bloques huecos de arcilla, sin friso.....	95
4.10.1. Análisis de las fallas observadas en los muretes construidos con bloques huecos de arcilla, sin friso.....	95
4.10.2. Análisis de las fallas observadas en los muretes construidos con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 y 2 cm.....	97
4.10.3. Resultados y análisis de los ensayos en los muretes construidos con bloques huecos de arcilla.....	100
4.11. Ensayos de compresión diagonal a Muretes construidos con bloques de concreto.....	103
4.11.1. Análisis de las fallas observadas en los muretes construidos con bloques huecos de concreto.....	104
4.11.2. Resultados y análisis de los ensayos en los muretes construidos con bloques de concreto....	109
 <b>V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	112
5.1. Conclusiones.....	112
5.2. Recomendaciones.....	114
 <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	116

<b>APÉNDICES</b>	120
<b>A</b>	Registros Fotográficos..... 121
	A-1 Selección y predimensionado de los especímenes..... 122
	A-2 Mortero..... 123
	A-3 Construcción de Pilas y Muretes..... 126
	A-4 Almacenamiento de Pilas y Muretes..... 131
	A-5 Elaboración de Probetas cúbicas..... 132
	A-6 Determinación de las características de los especímenes..... 133
	A-7 Preparación de los especímenes para ser ensayados..... 135
	A-8 Realización de ensayos..... 136
<b>B</b>	Cálculo estimado de los Materiales..... 140
<b>C</b>	Cálculos Tipo ..... 145

## LISTA DE TABLAS

		pp.
<b>Tabla III-1</b>	Características de las pilas ensayadas.....	35
<b>Tabla III-2</b>	Características de muretes ensayados.....	38
<b>Tabla IV-1</b>	Resultados del Tamizado.....	53
<b>Tabla IV-2</b>	Análisis de la composición granulométrica con los requisitos mínimos de la Norma COVENIN 277:2000, del agregado fino para concreto.....	54
<b>Tabla IV-3</b>	Análisis de la composición granulométrica con los requisitos mínimos de la Norma NTC-2240, de la arena usada en morteros de mampostería.....	55
<b>Tabla IV-4</b>	Características de Bloques huecos de arcilla.....	57
<b>Tabla IV-5</b>	Características de Bloques de concreto.....	58
<b>Tabla IV-6</b>	Características de Pilas sin frisar, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	60
<b>Tabla IV-7</b>	Características de Pilas con friso de 1 cm, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	60
<b>Tabla IV-8</b>	Características de Pilas con friso de 2 cm, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	60
<b>Tabla IV-9</b>	Características de Pilas sin frisar, construidas con Bloques de concreto.....	61
<b>Tabla IV-10</b>	Características de Pilas con friso de 1 cm, construidas con Bloques de concreto.....	61
<b>Tabla IV-11</b>	Características de Pilas con friso de 2 cm, construidas con Bloques de concreto.....	61
<b>Tabla IV-12</b>	Características de Muretes sin frisar, construidos con Bloques huecos de arcilla.....	62
<b>Tabla IV-13</b>	Características de Muretes con friso de 1 cm, construidos con Bloques huecos de arcilla.....	62
<b>Tabla IV-14</b>	Características de Muretes con friso de 2 cm, construidos con Bloques huecos de arcilla.....	62
<b>Tabla IV-15</b>	Características de Muretes sin frisar, construidos con Bloques de concreto.....	63
<b>Tabla IV-16</b>	Características de Muretes con friso de 1 cm, construidos con Bloques de concreto.....	63
<b>Tabla IV-17</b>	Características de Muretes con friso de 2 cm, construidos con Bloques de concreto.....	63
<b>Tabla IV-18</b>	Características de Probetas Cúbicas.....	65
<b>Tabla IV-19</b>	Ensayos a Compresión Simple en Bloques huecos de arcilla.....	68

<b>Tabla IV-20</b>	Ensayos a Compresión Simple en Bloques de concreto.....	72
<b>Tabla IV-21</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas sin frisar, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	78
<b>Tabla IV-22</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 1 cm, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	78
<b>Tabla IV-23</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 2 cm, construidas con Bloques huecos de arcilla.....	78
<b>Tabla IV-24</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas sin frisar, construidas con Bloques de concreto.....	84
<b>Tabla IV-25</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 1 cm, construidas con Bloques de concreto.....	84
<b>Tabla IV-26</b>	Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 2 cm, construidas con Bloques de concreto.....	84
<b>Tabla IV-27</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 1.....	88
<b>Tabla IV-28</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 2.....	88
<b>Tabla IV-29</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 3.....	89
<b>Tabla IV-30</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 4.....	89
<b>Tabla IV-31</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 5.....	90
<b>Tabla IV-32</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 6.....	90
<b>Tabla IV-33</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 7.....	91
<b>Tabla IV-34</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 8.....	91
<b>Tabla IV-35</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 9.....	92
<b>Tabla IV-36</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 10.....	92
<b>Tabla IV-37</b>	Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 11.....	93
<b>Tabla IV-38</b>	Determinación de la Resistencia característica del Mortero preparado para pegar bloques y frisar.....	94
<b>Tabla IV-39</b>	Resultados de Ensayos en Muretes sin frisar, construidos con Bloques huecos de arcilla.....	102
<b>Tabla IV-40</b>	Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 1 cm, construidos con Bloques huecos de arcilla .....	102
<b>Tabla IV-41</b>	Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 2 cm, construidos con Bloques de Arcilla .....	102
<b>Tabla IV-42</b>	Resultados de Ensayos en Muretes sin frisar, construidos con Bloques de concreto.....	110
<b>Tabla IV-43</b>	Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 1 cm, construidos con Bloques de concreto.....	110

<b>Tabla IV-44</b>	Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 2 cm, construidos con Bloques de concreto.....	110
<b>Tabla B-1</b>	Cálculo de las cantidades de Bloques huecos de arcilla.....	141
<b>Tabla B-2</b>	Cálculo de las cantidades de Bloques de concreto.....	142
<b>Tabla B-3</b>	Cálculo de los componentes del Mortero para pegar bloques.....	143
<b>Tabla B-4</b>	Cálculo de los componentes del Mortero, para friso de espesor 1cm.....	143
<b>Tabla B-5</b>	Cálculo de los componentes del Mortero, para friso de espesor 2 cm.....	143
<b>Tabla B-6</b>	Cantidades totales de los componentes del Mortero.....	144
<b>Tabla B-7</b>	Cantidades de materiales para la preparación de los especímenes.....	144

## LISTA DE GRÁFICOS/FIGURAS

		pp.
<b>Figura I-1</b>	Escuela ubicada en Turmero, Edo. Aragua.....	4
<b>Figura I-2</b>	Escuela Valentín Valiente colapsada, Cumaná, Edo, Sucre.....	4
<b>Figura II-1</b>	Relaciones esfuerzo-deformación para el mortero, las piezas aisladas y muros de mampostería.....	12
<b>Figura II-2</b>	Bloque hueco de arcilla de 15 cm de espesor.....	13
<b>Figura II-3</b>	Bloque hueco de concreto de 15 cm de espesor.....	14
<b>Figura II-4</b>	Ensayo de una pila para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería.....	21
<b>Figura II-5</b>	Agrietamiento escalonado diagonalmente producido por una falla por cortante en la junta en muros de mampostería no estructural.....	24
<b>Figura II-6</b>	Agrietamiento producido por una falla por tracción diagonal en muros de mampostería no estructural.....	24
<b>Figura II-7</b>	Agrietamiento vertical producido por una falla por compresión en muros de mampostería no estructural.....	25
<b>Figura II-8</b>	Ensayo de compresión diagonal.....	26
<b>Figura II-9</b>	Resistencia a la compresión de la mampostería vs. la relación entre la raíz cuadrada de su resistencia al corte y su resistencia a la compresión.....	27
<b>Figura II-10</b>	Efecto de columna corta (columna cautiva) producida por muros de mampostería.....	28
<b>Figura II-11</b>	Efecto de columna corta donde se observa poco refuerzo transversal en las columnas para proporcionar el confinamiento adecuado.....	29
<b>Figura II-12</b>	Colapso de la Escuela Valentín Valiente, sismo de Cariaco, 1997.....	30
<b>Figura II-13</b>	Efecto de columna corta en los dos niveles, Escuela Valentín Valiente.....	30
<b>Figura III-1</b>	Bloque hueco de arcilla.....	32
<b>Figura III-2</b>	Bloque hueco de concreto.....	33
<b>Figura III-3</b>	Pila con bloques huecos de arcilla.....	34
<b>Figura III-4</b>	Pila con bloques de Concreto.....	34
<b>Figura III-5</b>	Murete con bloques huecos de arcilla.....	36
<b>Figura III-6</b>	Murete con bloques de concreto.....	36
<b>Figura III-7</b>	“Bloques trabados” en Muretes con bloques huecos de arcilla.....	37

<b>Figura III-8</b>	“Bloques trabados” en Muretes con bloques de concreto.....	37
<b>Figura III-9</b>	Mitades de Bloques.....	39
<b>Gráfico IV-1</b>	Análisis de la composición granulométrica de las Arenas de acuerdo a la Norma COVENIN 277:2000.....	54
<b>Gráfico IV-2</b>	Análisis de la composición granulométrica de las Arenas de acuerdo a la Norma NTC-2240.....	55
<b>Figura IV-1</b>	Caras irregulares en Bloques huecos de arcilla.....	59
<b>Figura IV-2</b>	Falla en BA – 1.....	67
<b>Figura IV-3</b>	Falla en BA – 2.....	67
<b>Figura IV-4</b>	Falla en BA - 3.....	67
<b>Figura IV-5</b>	Falla en BA - 4.....	67
<b>Figura IV-6</b>	Falla en BA – 5.....	67
<b>Gráfico IV-3</b>	Resistencia a la Compresión en Bloques huecos de arcilla.....	68
<b>Figura IV-7</b>	Falla en BC – 1.....	70
<b>Figura IV-8</b>	Falla en BC – 2.....	70
<b>Figura IV-9</b>	Falla en BC - 3.....	70
<b>Figura IV-10</b>	Falla en BC - 4.....	70
<b>Figura IV-11</b>	Falla en BC – 5.....	70
<b>Figura IV-12</b>	Bloque de concreto luego del agotamiento.....	71
<b>Figura IV-13</b>	Detalle del interior de los bloques de concreto .....	71
<b>Gráfico IV-4</b>	Resistencia a la Compresión en Bloques de concreto.....	72
<b>Figura IV-14</b>	Falla en PA-SF – 3.....	73
<b>Figura IV-15</b>	Falla en PA-SF – 4.....	73
<b>Figura IV-16</b>	Secuencia Fotográfica de la Falla en PA-SF -1.....	74
<b>Figura IV-17</b>	Fisura en la junta y desprendimiento del friso.....	75
<b>Figura IV-18</b>	Grieta típica en friso.....	75
<b>Figura IV-19</b>	Secuencia fotográfica de la falla luego del agotamiento en PA-e1 -2.....	76
<b>Figura IV-20</b>	Secuencia fotográfica de la falla luego del agotamiento en PA-e2 -2.....	76
<b>Gráfico IV-5</b>	Resistencia a la Compresión y relación entre $f_m$ en Pilas construidas con bloques huecos de arcilla.....	79
<b>Figura IV-21</b>	Falla en PC-SF – 1.....	80
<b>Figura IV-22</b>	Falla en PC-SF – 2.....	80
<b>Figura IV-23</b>	Falla en PC-SF – 4.....	80
<b>Figura IV-24</b>	Secuencia Fotográfica de la Falla en PC-SF -1.....	81
<b>Figura IV-25</b>	Falla en PC-e2 – 5.....	81
<b>Figura IV-26</b>	Secuencia Fotográfica de la Falla en PC-e1 -2.....	82
<b>Figura IV-27</b>	Separación del friso en PC-e2-2.....	82
<b>Figura IV-28</b>	Fractura en PC-e2-5.....	82
<b>Gráfico IV-6</b>	Resistencia a la Compresión y relación entre $f_m$ en Pilas construidas con bloques de concreto.....	85
<b>Figura IV-29</b>	Falla en Probeta 10-A.....	86

<b>Figura IV-30</b>	Detalle de falla por la interfase de la pasta y el agregado, en forma de cono.....	86
<b>Figura IV-31</b>	Falla en Probeta 6-A.....	87
<b>Gráfico IV-7</b>	Relación entre los $f_c$ del Mortero preparado para pegar bloques y para frisar y Resistencias características de estos Morteros.....	94
<b>Figura IV-32</b>	Falla en MA-SF - 1.....	96
<b>Figura IV-33</b>	Falla en MA-SF - 2.....	96
<b>Figura IV-34</b>	Falla en MA-SF - 3.....	96
<b>Figura IV-35</b>	Falla en MA-SF - 4.....	96
<b>Figura IV-36</b>	Falla en MA-SF - 5.....	96
<b>Figura IV-37</b>	Falla escalonada en MA-SF-3.....	97
<b>Figura IV-38</b>	Falla escalonada en MA-SF-4.....	97
<b>Figura IV-39</b>	Falla en MA-e1 - 1.....	98
<b>Figura IV-40</b>	Falla en MA-e1 - 2.....	98
<b>Figura IV-41</b>	Falla en MA-e1 - 3.....	98
<b>Figura IV-42</b>	Falla en MA-e1 - 4.....	98
<b>Figura IV-43</b>	Falla en MA-e1 - 5.....	98
<b>Figura IV-44</b>	Falla en MA-e2 - 1.....	99
<b>Figura IV-45</b>	Falla en MA-e2 - 2.....	99
<b>Figura IV-46</b>	Falla en MA-e2 - 3.....	99
<b>Figura IV-47</b>	Falla en MA-e2 - 4.....	99
<b>Figura IV-48</b>	Falla en MA-e2 - 5.....	99
<b>Figura IV-49</b>	Falla en MA-e1 - 2.....	100
<b>Figura IV-50</b>	Planchas soldadas en el ángulo de 90°.....	100
<b>Gráfico IV-8</b>	Resistencia a la Compresión y relación entre $v_m$ en Muretes construidos con bloques huecos de arcilla.....	103
<b>Figura IV-51</b>	Falla en MC-SF - 1.....	105
<b>Figura IV-52</b>	Falla en MC-SF - 2.....	105
<b>Figura IV-53</b>	Falla en MC-SF - 3.....	105
<b>Figura IV-54</b>	Falla en MC-SF - 4.....	105
<b>Figura IV-55</b>	Falla en MC-SF - 5.....	105
<b>Figura IV-56</b>	Falla en MC-e1 - 1.....	106
<b>Figura IV-57</b>	Falla en MC-e1 - 2.....	106
<b>Figura IV-58</b>	Falla en MC-e1 - 3.....	106
<b>Figura IV-59</b>	Falla en MC-e1 - 4.....	106
<b>Figura IV-60</b>	Falla en MC-e1 - 5.....	106
<b>Figura IV-61</b>	Falla en MC-e2 - 1.....	107
<b>Figura IV-62</b>	Falla en MC-e2 - 2.....	107
<b>Figura IV-63</b>	Falla en MC-e2 - 3.....	107
<b>Figura IV-64</b>	Falla en MC-e2 - 4.....	107
<b>Figura IV-65</b>	Falla en MC-e2 - 5.....	107
<b>Figura IV-66</b>	Falla por tracción diagonal en MC-e2 - 2.....	108
<b>Figura IV-67</b>	Falla por aplastamiento en MC-e1 - 5.....	108
<b>Figura IV-68</b>	Falla por aplastamiento en MC-e2 - 5.....	108
<b>Gráfico IV-9</b>	Resistencia a la Compresión y relación entre $v_m$ en Muretes construidos con bloques de concreto.....	111

<b>Figura A1-1</b>	Bloques huecos de arcilla.....	122
<b>Figura A1-2</b>	Bloques huecos de concreto.....	122
<b>Figura A2-1</b>	Arena ligada (arena amarilla y polvillo de piedra).....	123
<b>Figura A2-2</b>	Procedimiento de cuarteo.....	123
<b>Figura A2-3</b>	Tamices utilizados.....	123
<b>Figura A2-4</b>	Retenidos de cada tamiz, Muestra 1.....	124
<b>Figura A2-5</b>	Retenidos de cada tamiz, Muestra 2.....	124
<b>Figura A2-6</b>	Balanza electrónica, Cap. 1000 gf.....	124
<b>Figura A2-7</b>	Almacenamiento del cemento Portland Tipo I.....	124
<b>Figura A2-8</b>	Cal Hidratada en pasta.....	124
<b>Figura A2-9</b>	Mezcla de cemento y arena.....	125
<b>Figura A2-10</b>	Cemento, arena y cal.....	125
<b>Figura A2-11</b>	Proporciones volumétricas medidas con cuñete.....	125
<b>Figura A2-12</b>	Consistencia del mortero.....	125
<b>Figura A3-1</b>	Máquina Cortadora.....	126
<b>Figura A3-2</b>	Proceso de Cortado, Bloques de concreto.....	126
<b>Figura A3-3</b>	Proceso de Cortado, Bloques huecos de arcilla.....	126
<b>Figura A3-4</b>	Mitades, Bloques de concreto.....	126
<b>Figura A3-5</b>	Posición de asiento, Bloques huecos de arcilla.....	127
<b>Figura A3-6</b>	Posición de asiento, Bloques de concreto.....	127
<b>Figura A3-7</b>	Bloques huecos de arcilla.....	127
<b>Figura A3-8</b>	Bloques de concreto.....	127
<b>Figura A3-9</b>	Colocación primer bloque y primera capa de mortero.....	127
<b>Figura A3-10</b>	Pegado del segundo bloque.....	127
<b>Figura A3-11</b>	Nivelación vertical.....	128
<b>Figura A3-12</b>	Nivelación horizontal.....	128
<b>Figura A3-13</b>	Listones de Madera, para fijar espesor del friso.....	128
<b>Figura A3-14</b>	Espesor del Friso (2cm).....	128
<b>Figura A3-15</b>	Friso Base, pila con bloques de concreto (salpicado).....	128
<b>Figura A3-16</b>	Pila con bloques huecos de arcilla, pintada con Cal.....	128
<b>Figura A3-17</b>	Pegado de bloques.....	129
<b>Figura A3-18</b>	Nivelación de las hiladas.....	129
<b>Figura A3-19</b>	Murete construido con bloques de concreto.....	129
<b>Figura A3-20</b>	Murete construido con bloques huecos de arcilla.....	129
<b>Figura A3-21</b>	Colación de mortero superior.....	129
<b>Figura A3-22</b>	Juntas en Murete construido con bloques huecos de arcilla.....	129
<b>Figura A3-23</b>	Juntas en Murete construido con bloques de concreto.....	130
<b>Figura A3-24</b>	Listones de Madera, para fijar espesor del friso.....	130
<b>Figura A3-25</b>	Espesor del Friso (1cm).....	130
<b>Figura A3-26</b>	Friso Base en murete con bloques de concreto (salpicado).....	130
<b>Figura A3-27</b>	Pintado de murete con Cal.....	130

<b>Figura A4-1</b>	Muretes y Pilas almacenados sin friso.....	131
<b>Figura A4-2</b>	Muretes y Pilas almacenados con friso.....	131
<b>Figura A4-3</b>	Muretes y Pilas almacenados y pintados parcialmente.....	131
<b>Figura A4-4</b>	Muretes y Pilas almacenados, pintados e identificados para ser ensayados.....	131
<b>Figura A5-1</b>	Probetas cúbicas.....	132
<b>Figura A5-2</b>	Moldes para probetas.....	132
<b>Figura A5-3</b>	Compactación el mortero.....	132
<b>Figura A5-4</b>	Curado de las probetas.....	132
<b>Figura A6-1</b>	Nomenclatura de bloques.....	133
<b>Figura A6-2</b>	Vernier de precisión y cinta métrica.....	133
<b>Figura A6-3</b>	Balanza mecánica Romana, Cap. 500 kgf.....	133
<b>Figura A6-4</b>	Nomenclatura para Pilas, construidas con bloques huecos de arcilla.....	134
<b>Figura A6-5</b>	Nomenclatura para Pilas, construidas con bloques de concreto.....	134
<b>Figura A6-6</b>	Nomenclatura para Muretes, construidos con bloques huecos de arcilla.....	134
<b>Figura A6-7</b>	Nomenclatura para Muretes, construidos con bloques de concreto.....	134
<b>Figura A6-8</b>	Nomenclatura para Probetas.....	134
<b>Figura A6-9</b>	Balanza mecánica, Cap. 2610 gf.....	134
<b>Figura A7-1</b>	Preparación de la mezcla de yeso.....	135
<b>Figura A7-2</b>	Mezcla para el "capping".....	135
<b>Figura A7-3</b>	Nivelación vertical.....	135
<b>Figura A7-4</b>	Nivelación horizontal.....	135
<b>Figura A7-5</b>	Pilas con "capping".....	135
<b>Figura A8-1</b>	Prensas Universales, Nave de Ensayos Físicos del IMME.....	136
<b>Figura A8-2</b>	Prensa Universal, 200 tnf.....	136
<b>Figura A8-3</b>	Plancha rígida rectangular, rotulada.....	136
<b>Figura A8-4</b>	Centrado de la pila con bloques de concreto en la plataforma de ensayo.....	137
<b>Figura A8-5</b>	Montaje de bloque de concreto en la plataforma de ensayo.....	137
<b>Figura A8-6</b>	Montaje de pila con bloques de concreto en la plataforma de ensayo.....	137
<b>Figura A8-7</b>	Prensa Universal, 30 tnf.....	137
<b>Figura A8-8</b>	Centrado de la Probeta, en la plataforma de ensayo.....	137
<b>Figura A8-9</b>	Ángulo metálico superior de 90° colocado en plancha rígida rectangular rotulada.....	138
<b>Figura A8-10</b>	Determinación del peso de los Muretes.....	138
<b>Figura A8-11</b>	Murete con ángulo inferior.....	138

<b>Figura A8-12</b>	Apoyo en la plataforma de ensayo.....	138
<b>Figura A8-13</b>	Centrado de los Muretes.....	138
<b>Figura A8-14</b>	Elaboración del apoyo de yeso.....	138
<b>Figura A8-15</b>	Apoyo de yeso en ángulo inferior.....	139
<b>Figura A8-16</b>	Apoyo de yeso en ángulo superior.....	139
<b>Figura A8-17</b>	Nivelación vertical.....	139

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

BA = Bloque hueco de arcilla

BC = Bloque hueco de concreto

Cap. = Capacidad

COVENIN = Comisión Venezolana de Normas Industriales

cv (%) = Coeficiente de variación

e1 (cm) = Espesor de friso de un centímetro

e2 (cm) = Espesor de friso de dos centímetros

$f_c$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a la compresión promedio de probetas cúbicas

$f_{cm}$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a la compresión promedio del mortero

$f_m$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a la compresión promedio de la mampostería

$f_p$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = Resistencia a la compresión promedio para los bloques

h (cm) = altura de pila

MA = Murete construido con bloques huecos de arcilla

MC = Murete construido con bloques huecos de concreto

NTC = Norma Técnica Colombiana

PA = Pila construida con bloques huecos de arcilla

PC = Pila construida con bloques huecos de concreto

$\Sigma$  = Sumatoria

S (kgf/cm<sup>2</sup>) = Desviación media

t (cm) = espesor de pila

$v_m$  (kgf/cm<sup>2</sup>) = Resistencia al corte promedio de la mampostería

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha presentado la inquietud, en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, que el efecto de columna corta se incremente por la colocación de friso en las paredes de mampostería como elemento de cerramiento o divisorio, al presumirse que éste influya en las propiedades mecánicas de la pared y por lo tanto, puede ser motivo de aumento de los esfuerzos cortantes que se puedan generar en la columna. Debido a esto, es importante dar continuidad con investigaciones que proporcionen un racional conocimiento de la mampostería, a fin de proyectarla y construirla dentro del contexto de control asociado a la ingeniería, sin menospreciar el balance necesario de seguridad y economía.

El presente trabajo especial de grado, planteó evaluar la influencia del espesor del friso en la resistencia a la compresión simple y la resistencia al corte de la mampostería, por medio de la construcción, montaje y ensayo de pilas y muretes de bloques huecos de arcilla y de concreto, sin frisar y con dos espesores de friso (1 y 2 cm). De esta manera se realiza una investigación del tipo experimental, donde se manipulan variables, que en este caso vendrían a ser el tipo de bloque y la existencia o no del friso; para así obtener otras variables, que son la resistencia a la compresión simple y la resistencia al corte, como propiedades mecánicas más características de la mampostería.

En función de lo antes expuesto, es necesario cumplir con una serie de etapas debidamente identificadas y estructuradas, para lograr los objetivos establecidos, en el presente trabajo. La primera etapa consistió en la selección y predimensionado de los especímenes a evaluar, luego se construyeron pilas y muretes, seguidamente se identificaron los especímenes para luego determinar sus características. Finalmente, se realizaron ensayos de compresión simple

hasta la rotura a bloques huecos de arcilla, bloques huecos de concreto elaborados con agregado liviano, mortero utilizado y pilas, y ensayos de compresión diagonal hasta la rotura a muretes. La segunda etapa consistió en clasificar, procesar y analizar la información recopilada en la primera etapa, para así determinar la resistencia a la compresión simple de los bloques ( $f_p$ ), del mortero ( $f_{cm}$ ), de las pilas ( $f_m$ ) y la resistencia a la compresión diagonal de los muretes ( $v_m$ ). Luego se procedió a comparar los valores de resistencia obtenidos para los especímenes frisados y no frisados, determinándose así la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería de bloques huecos de arcilla y de concreto. Finalmente, en base a los resultados obtenidos en los análisis previos, se procedió a elaborar las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

El presente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma: en el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema, los antecedentes, los objetivos y los aportes. En el Capítulo II se desarrollan las definiciones fundamentales relacionadas con la mampostería, para poder entender y desarrollar este trabajo. En el Capítulo III se describen los especímenes ensayados, junto con la metodología empleada para realizar los ensayos. En el Capítulo IV se presentan los resultados obtenidos de las diferentes etapas experimentales efectuadas, con sus respectivos análisis. En el Capítulo V se presentan las conclusiones obtenidas y recomendaciones propuestas. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas y los apéndices.

# **CAPÍTULO I**

## **FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a la ubicación geográfica de Venezuela, donde los terremotos constituyen la mayor amenaza natural, ya que aproximadamente tres cuartas partes del territorio está en zonas sísmicas, se ha hecho necesario estudiar en los últimos años la vulnerabilidad de las construcciones contra la acción de sismos por la presencia de paredes de mampostería, como consecuencia de la fragilidad o mal comportamiento de estructuras ante este evento, recurriendo a trabajos anteriores y en especial a recomendaciones propuestas por otros países debido a la escasa experiencia venezolana en este ámbito (Castilla y Pose, 1995; Lafuente, Genatios y Castilla, 1995).

Las edificaciones escolares cumplen una función primordial dentro de la sociedad y utilizan en parte de su construcción la mampostería como un sistema de cerramiento o divisorio de ambientes. En éstas y otras edificaciones, no se realiza antes de su construcción, un estudio adecuado sobre la influencia de las paredes de mampostería en su comportamiento estructural, a pesar de que la Norma Venezolana: COVENIN 1756-2001: "Edificaciones Sismorresistentes" señala que se debe realizar.

Entre los estudios realizados a las edificaciones escolares que colapsaron luego del terremoto de Cariaco del 9 de julio de 1997, el Liceo Raimundo Martínez Centeno y la Unidad Educativa Valentín Valiente, se observaron fallas en diversas columnas, causadas en algunos casos, por el fenómeno de columna corta (columna cautiva), debido a que al estar en contacto con los muros de mampostería, se produce una reducción de la luz libre de acción (Bonilla y otros, 2000).

En la actualidad, se siguen construyendo en diversas zonas del país, edificaciones escolares con diferentes niveles y tipología similar a la Escuela Valentín Valiente. Particularmente, en Samán de Güere, Turmero, Estado Aragua, se encuentra ubicada una escuela donde se observa el fenómeno de columna corta (Ver Figura I-1), una de las causas principales que llevó al colapso de la Escuela Valentín Valiente (Ver Figura I-2). En la Figura I-1, se aprecia que las paredes de mampostería tienen friso y en la Figura I-2, las paredes de la Escuela Valentín Valiente no poseían friso, por lo que se presume que ante la presencia de sismos, el efecto de columna corta producto de mampostería con friso puede hacerse más crítico.



**Figura I-1.** Escuela ubicada en Turmero, Edo. Aragua



**Figura I-2.** Escuela Valentín Valiente colapsada, Cumaná, Edo. Sucre

Fuente: Norberto Fernández, Prof. del IMME, UCV

En los últimos años se ha presentado la inquietud que el fenómeno de columna corta se incrementa por la colocación de friso en las paredes de mampostería, al presumirse que éste influya en las propiedades mecánicas de la pared, tales como su resistencia a la compresión y a la compresión diagonal y por lo tanto también influya en su comportamiento ante la presencia de sismos.

En vista de lo anterior y considerando la importancia de este tipo de edificaciones para la sociedad, donde la mayoría de las columnas presentan este fenómeno, se ha despertado un interés especial por evaluar la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería con bloques huecos de arcilla y de concreto, a través de la realización de ensayos a compresión de pilas y a compresión diagonal de muretes, sin friso y con espesores de friso de uno (1) y dos (2) centímetros; todo esto con el fin de aportar un estudio que permita seguir disminuyendo los riesgos a los que están sometidas gran número de este tipo de edificaciones en Venezuela y el mundo.

## 1.2. MARCO REFERENCIAL

Esta parte refleja exclusivamente otros trabajos de investigación realizados con anterioridad y relacionados directa o indirectamente con la formulación del problema planteado.

La búsqueda de información producto de investigaciones y experiencias de ensayos venezolanos, así como criterios de diseño y de construcción propuestos por otros países, con el propósito de recabar la información necesaria para el logro de los objetivos de la investigación, se realizó a partir de fuentes referenciales tales como libros, revistas especializadas, Normas, Trabajos Especiales de Grado relacionados con el ámbito de análisis y diseño de estructuras de mampostería.

Se hizo especial énfasis, en los boletines técnicos publicados por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) relacionados con la mampostería y en las Normas Venezolanas: COVENIN 2-78: *"Bloques de Arcilla para Paredes. Especificaciones"*, COVENIN 42-82: *"Bloques de Huecos de Concreto"*, COVENIN 484-93: *"Cemento Portland. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros en Probetas Cúbicas de 50.8 mm de lado"*.

Debido a que en Venezuela, no existe una normativa que indique cómo evaluar las propiedades mecánicas de la mampostería, esta investigación se basó en recomendaciones propuestas por normas de otros países en la forma de cómo determinar estas propiedades. Entre las normas internacionales consultadas, se encuentran las siguientes: Norma Mexicana: *"Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería"* (2004) y la Norma Colombiana NTC 2240: *"Agregados usados en Morteros de Mampostería"*. Igualmente, anteriores investigaciones de otros países proporcionaron una visión de ciertos comportamientos esperados de la mampostería ante cargas de compresión, que resultaron de utilidad para evaluar los resultados obtenidos. Entre estas investigaciones se encuentran las de Gallegos (1989) y Meli (1985), pertenecientes a Perú y México, respectivamente, que consideran un amplio estudio de las propiedades mecánicas de la mampostería, dentro del campo de la mampostería estructural.

Adicionalmente, se cuenta con los estudios realizados anteriormente en nuestro país sobre el fenómeno de columna corta y mampostería estructural. Estas experiencias aportan significativos resultados para el presente trabajo, representando todos en conjunto, importantes estudios que permitirían seguir disminuyendo los riesgos a los que están sometidas gran número de estructuras en Venezuela con la mampostería como elemento de cerramiento o divisorio.

Entre los trabajos de autoría venezolana se encuentran, el de Castilla (1998), cuyo objetivo fundamental consistió en la evaluación del comportamiento de nueve muros de mampostería confinada a escala natural, de bloques huecos de concreto, contra cargas laterales alternantes y crecientes; el de Marinilli (2004), que evaluó el efecto del número de elementos de confinamiento verticales, o machones, en el comportamiento sismorresistente de muros de mampostería confinada; el de Fernández y Viana (1998), que estudiaron la sensibilidad de las causas que condicionaron el colapso de la Escuela Valentín Valiente en la población de Cariaco, Estado Sucre, debido al terremoto del 9 de julio de 1997, entre las que se encuentra el estudio del efecto de columna corta como principal causa en el colapso de esta estructura; finalmente, el de Ruiz y Renda (1987), donde se cuantificó la influencia de confinamiento por cargas verticales en la adherencia a corte entre el bloque y mortero, para bloques de concreto.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería con bloques huecos de arcilla y de concreto.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar a través de la realización de ensayos, la resistencia a compresión de bloques huecos de arcilla y de concreto de 15 centímetros de espesor.

- Determinar a través de la realización de ensayos, la resistencia a compresión de morteros para pegar bloques y ejecución del friso, en probetas cúbicas de 50.8 mm de lado.
- Determinar a través de la realización de ensayos, la resistencia a compresión de pilas sin friso y con uno (1) y dos (2) centímetros de espesor de friso, construidas con bloques huecos de arcilla y de concreto de quince (15) centímetros de espesor.
- Determinar a través de la realización de ensayos, la resistencia a compresión diagonal de muretes sin friso y con uno (1) y dos (2) centímetros de espesor de friso, construidos con bloques huecos de arcilla y de concreto de quince (15) centímetros de espesor.
- Comparar los resultados obtenidos de los ensayos a compresión realizados en especímenes sin frisar con los frisados.

#### 1.4. APORTES

En los últimos años se han venido realizando estudios sobre el fenómeno de columna corta, el cual luego de un movimiento sísmico puede ser la causa de fallas en columnas que pueden originar el colapso de una estructura.

En Venezuela se cuenta con un alto porcentaje de población ubicado en zonas de riesgo sísmico y en gran parte del territorio nacional se construyen edificaciones con paredes de mampostería como elemento básico de soporte y de cerramiento, con características similares a aquellas estructuras que fallaron o colapsaron luego de un sismo por el fenómeno de columna corta como una de sus causas principales. En vista de esta situación, se analizará y evaluará la influencia del friso en las paredes de mampostería, al presumirse que este mortero influya en sus propiedades mecánicas y por lo tanto también en las propiedades de las columnas que presenten un confinamiento y reducción de longitud efectiva por medio de paredes de mampostería.

De acuerdo a los resultados de la evaluación aquí propuesta, los aportes también estarían en:

- Continuar con estudios anteriores sobre el fenómeno de columna corta para que se conozcan de manera más precisa sus causas y se puedan reducir las debilidades estructurales producto de este fenómeno.
- Contribuir en la construcción de edificaciones económicas pero seguras ante un movimiento sísmico, tomando en cuenta que edificaciones con paredes de cerramiento de mampostería son principalmente destinadas al uso habitacional y educacional.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El alcance de este trabajo se limita al estudio de la mampostería como elemento de cerramiento o divisorio, por lo que es indispensable conocer los materiales tradicionales y su comportamiento como conjunto (mampostería), determinando mediante ensayos ante diferentes acciones y cargas, las correspondientes propiedades mecánicas.

A continuación, se presentan conceptos fundamentales que se vinculan con los aspectos generales y propiedades mecánicas de la mampostería, así como su relación con el fenómeno de columna corta.

#### **2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA MAMPOSTERÍA**

La mampostería es uno de los materiales con un mayor abanico de aplicaciones en la construcción de obras civiles. Su uso se remonta a las primeras civilizaciones que poblaron la tierra. Las ruinas de Jericó (Medio Oriente, 7350 a.C.), la gran muralla China (200 a.C. a 220 d.C.), el Panteón en Roma (27 a.C. a 118 d.C.) y el Taj Majal en India (1631-1653), son sólo algunos ejemplos de construcciones que dan testimonio del uso y durabilidad de este material. En Venezuela, a finales del siglo XIX, se empezó a utilizar la mampostería como el elemento constructivo más importante de la época. Entre las obras de construcción más relevantes, permanecen en la actualidad, el Capitolio (1872) y el Teatro Nacional (1904), entre otros, ubicados en Caracas (Gallegos, 1989; López, Castilla, Genatios y Lafuente, 1985).

La mampostería se define, como el material de construcción consistente en piezas naturales (piedras) o artificiales, unidas entre sí mediante el mortero,

dispuestas manualmente en forma irregular o regular. Existen diferentes tipos de piezas y morteros, los cuales tienen un amplio rango de propiedades mecánicas y geométricas, es por ello que el material resultante, la mampostería, es heterogéneo, anisotrópico y tiene por naturaleza una resistencia a la compresión considerable, mientras que la resistencia a la tracción es nula (Gallegos, 1989).

De acuerdo a la terminología sobre mampostería, se presentan a continuación algunas definiciones, con la finalidad de dar continuidad en el desarrollo del presente trabajo (Gallegos, 1989):

Área bruta: área real de aplicación de carga de la pieza de mampostería.

Área nominal: área de aplicación de carga, establecida de acuerdo a la denominación comercial de la pieza de mampostería y utilizada para el cálculo de la resistencia a la compresión.

Dimensión nominal de la (pieza de mampostería): la dimensión establecida de acuerdo a la denominación comercial de la pieza de mampostería.

Hilada: una franja horizontal de mortero y piezas de mampostería.

Junta horizontal: la capa horizontal del mortero sobre la que se coloca la pieza de albañilería.

Junta vertical: la junta entre los extremos de dos piezas de mampostería.

## **2.2. USOS GENERALES DE LA MAMPOSTERÍA**

Los muros de mampostería no sólo se usan con fines estructurales, también para hacer cerramientos de espacios o hacer divisiones en ellos, para aislamiento térmico y acústico, entre otras utilidades.

### **2.2.1. Mampostería como elemento estructural**

La mampostería con fines estructurales es diseñada y construida para obtener estructuras con una seguridad adecuada ante las acciones sísmicas y las cargas gravitacionales. Este tipo de mampostería cuenta con distintas modalidades de refuerzo y también difiere en la función que el muro cumple dentro de la estructura y en la conexión que éste tiene con otros de sus componentes (Meli, 1985).

Dentro de la mampostería estructural se han desarrollado, esencialmente, los siguientes métodos constructivos: el de la Mampostería Confinada y el de Mampostería Reforzada (Meli, 1985).

### **2.2.2. Mampostería como elemento no estructural**

La mampostería con fines no estructurales, en el sector formal o informal de la construcción de edificaciones, es aquella que se usa exclusivamente como elemento de cerramiento o como tabiques de división de espacios. Este tipo de mampostería, esta diseñada y construida de forma tal que sólo soporta cargas provenientes de su propio peso.

### **2.3. MATERIALES PARA MAMPOSTERÍA COMO ELEMENTO NO ESTRUCTURAL**

En Venezuela, los materiales para este tipo de mampostería son los bloques huecos de arcilla o de concreto y el mortero. Los bloques de concreto se usan en menor grado que los de arcilla.

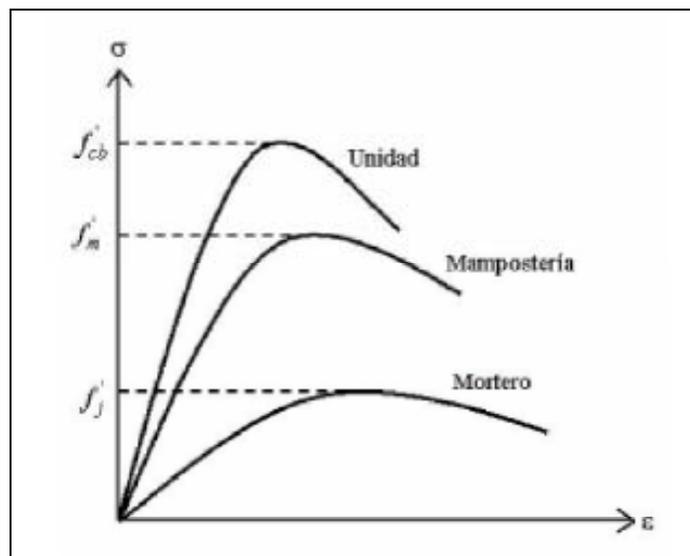
Los bloques deben cumplir con los requisitos de las Normas Venezolanas COVENIN correspondientes. En el país no existen especificaciones para los componentes del mortero, ni para su elaboración como material utilizado para la mampostería.

#### **2.3.1. Bloques**

Se elaboran de materias primas diversas; la arcilla, el concreto de cemento Portland y la mezcla de sílice con cal, son las principales. Los procesos de fabricación van desde el puramente artesanal hasta los altamente industrializados, por ello los valores de las propiedades mecánicas son muy diversos y tienen un alto grado de dispersión, ya que aún en los casos de producción más industrializada, el control de calidad se concentra más en las propiedades geométricas, color y textura que en las mecánicas (Gallegos, 1989; Meli, 1985).

Entre las principales propiedades del bloque se encuentra en primer lugar, su resistencia a la compresión ( $f_p$ ), determinada mediante el ensayo directo a compresión, que condicionará directamente la de la mampostería ( $f_m$ ). Luego la variabilidad dimensional que condiciona el espesor de la junta de mortero y de este modo la resistencia ( $f_m$ ). Finalmente la succión, que es la medida de la velocidad inicial de absorción de agua en la cara de la pieza de la mampostería en contacto con el mortero. La succión es indispensable para que exista adhesión con el mortero, ya que ella es responsable de que los solubles del cemento, disueltos en el agua absorbida, se incrusten y luego cristalicen en los microporos de la pieza de mampostería ocasionando así la adhesión con el mortero. Si no hay succión no hay adhesión entre mortero y la pieza (Gallegos, 1985; Miranda, 1999).

Se ha demostrado que los valores de resistencia obtenidos de los ensayos de compresión simple a bloques, pueden sufrir una disminución drástica cuando se ensayan formando parte de un muro de mampostería. Este efecto se ilustra en la Figura II-1.



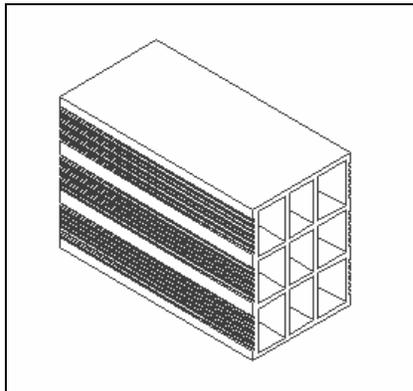
**Figura II-1.** Relaciones esfuerzo-deformación para el mortero, las piezas aisladas y muros de mampostería

Fuente: Bonett, 2003. Gráfico elaborado por Paulay y Priestley, 1992

A continuación se describen los tipos de bloques utilizados para el presente trabajo:

### 2.3.1.1 Bloques huecos de arcilla

Elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones horizontales (ver Figura II-2). Se fabrican de arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxidos metálicos. Se forman mediante moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de extrusión (Gallegos, 1989). Estas piezas deben cumplir con los requisitos de la norma venezolana COVENIN 2-78: "*Bloques de Arcilla para Paredes. Especificaciones*".

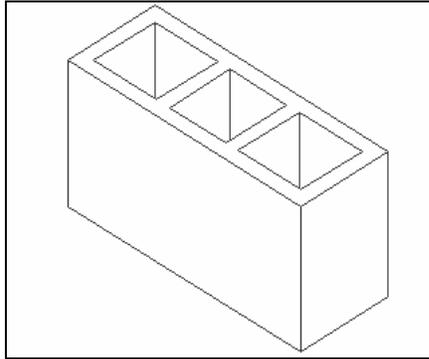


**Figura II-2.** *Bloque hueco de arcilla de 15 cm de espesor*  
Fuente: Elaborado por las autoras

### 2.3.1.2 Bloques huecos de concreto

Elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones verticales (ver Figura II-3). Se fabrican casi exclusivamente de cemento Portland, agregados graduados y agua. Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener también otros ingredientes: pigmentos y agregados especiales, tales como los basados en arcillas (Gallegos, 1989). De acuerdo a la composición utilizada en el proceso de manufactura, se fabrican bloques pesados, semipesados y livianos. Se forman mediante moldeo empleado en combinación con diferentes métodos de compactación. Estas piezas deben cumplir con los

requisitos de la norma venezolana COVENIN 42-82: “*Bloques Huecos de Concreto*”.



**Figura II-3.** *Bloque hueco de concreto de 15 cm de espesor*  
Fuente: Elaborado por las autoras

### **2.3.2. Mortero**

El mortero está usualmente compuesto de agua, cemento y arena, no obstante en algunos casos, se adicionan otros materiales, para aumentar su capacidad de adherencia y de secado y/o hacer lo más manejable durante la construcción (Bonett, 2003).

Así como la calidad de los bloques depende del fabricante, en el caso del mortero, tanto el proceso de fabricación como de colocación, son finalmente los que definen su calidad. Estas tareas son realizadas en obra por el albañil.

Con excepción de morteros extremadamente débiles, las propiedades mecánicas del mortero que más influyen en el comportamiento de un elemento de mampostería, son su deformabilidad y su adherencia con las piezas. De la primera propiedad, dependen, en gran medida, las deformaciones totales del elemento de mampostería y, en parte, su resistencia a compresión. La adherencia entre el mortero y las piezas, define en muchos tipos de mampostería, sobre todo en aquellos en los que las piezas son muy resistentes, la resistencia a cortante del elemento. Adicionalmente, es importante que el mortero tenga una manejabilidad adecuada, para que pueda ser colocado en capas uniformes sobre las que colocan las piezas, evitando concentraciones de esfuerzos y excentricidades accidentales (Bonett, 2003).

### 2.3.2.1 Componentes del mortero

Cemento: Su función es proporcionar resistencia a la mezcla. Usualmente se utiliza cemento Portland Tipo I y excepcionalmente el Tipo II (resistente a sulfatos).

Arena: Es la encargada de proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla y atenuar la contracción por secado, por lo tanto, se recomienda no usar arena fina y lavar la arena gruesa cuando tenga polvo. Por otra parte, es preferible que los granos de arena sean redondeados y de una granulometría completa (Bonett, 2003; Gallegos, 1989).

La granulometría de la arena se define como la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran (Porrero, Ramos, Grases y Velazco, 2004). Una granulometría completa se refiere a aquella arena con variedad en el tamaño de las partículas que permitan llenar fácilmente los vacíos.

Agua: El agua que se utiliza para la mezcla, debe ser potable, libre de partículas orgánicas y de sustancias deletéreas (aceite, ácidos, entre otros). Su función es darle trabajabilidad a la mezcla e hidratar al cemento.

Cal hidratada: Hidróxido de Calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , obtenido hidratando la cal viva en un proceso controlado que se denomina apagado. De emplearse cal en el mortero, ésta debe ser hidratada y normalizada; la razón por la cual la cal debe ser normalizada, se debe a que pueden existir partículas muy finas, que en vez de funcionar como aglomerante lo hacen como residuos inertes. Cuando se emplea cal hidratada en el mortero, ésta (a diferencia del cemento) endurece muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado carbonatación, el cual es beneficioso para el mortero por dos razones; la primera está en que las fisuras se sellan a lo largo del tiempo al formarse cristales de carbonato de calcio, que proveen una resistencia adicional a la del cemento; la segunda está en que al endurecer lentamente la cal, favorece la retentividad de la mezcla (Bonett, 2003; Gallegos, 1989).

### 2.3.2.2 Propiedades del mortero en estado plástico

Entre las principales propiedades del mortero se tiene:

Trabajabilidad: Propiedad que permite manejar y colocar el mortero. Es una forma de medir la facilidad con la cual es posible esparcir la mezcla en las piezas de mampostería o a la hora de ejecutar el friso, fácilmente reconocible por un buen albañil, siendo éste el que determina qué cantidad de agua en la mezcla es necesaria para lograrla. La cohesión, la plasticidad y la consistencia del mortero, en conjunto, son las propiedades que podrían definir su trabajabilidad (Gallegos, 1989).

Retentividad: Consiste en la capacidad de la mezcla de mantener su consistencia o de continuar siendo manejable después de un lapso de tiempo (Bonett, 2003).

### 2.3.2.3 Propiedades del mortero en estado endurecido

Retracción: Fenómeno de encogimiento o disminución de volumen que sufre el material con el tiempo, debido principalmente a la pérdida parcial de agua en las primeras horas y que puede llegar a producir grietas en el material. La retracción puede ser considerada como dependiente de la dosis de agua y de la cantidad de ultrafinos. Al aumentar el agua, o al aumentar conjuntamente la dosis de cemento y agua, es decir, al aumentar la pasta, la retracción se hace mayor. El exceso de ultrafinos aumenta el requerimiento de agua para mantener la fluidez, con lo cual hay un exceso de agua y a su vez, mayor retracción por secado (Porrero y otros, 2004).

La adherencia bloque-mortero: Ésta se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por el bloque, cristalizándose como agujas en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades del bloque, formando una especie de llave de corte entre las hiladas (Bonett, 2003).

Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión del mortero utilizado en mampostería,  $f_{cm}$ , no tiene, dentro de un intervalo bastante amplio, una influencia preponderante en las propiedades de la mampostería (Bonett, 2003); sin embargo, el control de calidad del mortero, se basa en la

determinación de esta propiedad, siguiendo lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 484-93: *“Cemento Portland. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros en Probetas Cúbicas de 50.8 mm de lado”*. La razón para realizar este ensayo, está en su facilidad y en el hecho de que muchas otras propiedades, como por ejemplo la adherencia, su módulo de elasticidad y su resistencia a la tracción, pueden relacionarse en forma indirecta con la resistencia a la compresión.

#### **2.3.2.4. Friso en la mampostería**

El mortero para frisos, cuando aún está fresco, debe tener la plasticidad necesaria para que la mezcla se adhiera mejor a la base. Así, evita que se produzca la separación y posterior “desconche” del friso en la pared, con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero. También debe tener una apropiada retención de agua, para evitar segregación del mortero. Ambos factores permiten disponer de una mezcla con buena trabajabilidad, mejorando el rendimiento en la colocación (Cementos Caribe, s.f.).

En Venezuela, en el sector formal e informal de la construcción, generalmente, no existe distinción en las dosificaciones para la preparación del mortero para pegar los bloques y para la ejecución del friso en obras de mampostería.

Para la aplicación del friso se debe preparar la base, de modo que este rugosa y limpia, para asegurar la adherencia del mortero.

Se aconseja ejecutar los frisos por lo menos en dos capas:

Capa de Llenado: Esta capa debe tener un espesor entre 10 y 20 mm y el objetivo principal es emparejar las irregularidades de la base.

Capa de Terminación: que cumple la función de otorgar una superficie de terminación durable y de buen aspecto. Esta capa debe tener un espesor entre 3 mm y 6 mm.

En algunos casos, cuando la base presenta muy mala adherencia, por ejemplo superficies muy lisas, puede requerirse el empleo de una primera capa de adherencia para emparejar las condiciones y reducir la absorción de la base, a fin de optimizar la adhesión del resto del friso (Cementos Caribe, s.f.).

Para ejecutar el friso, se recomienda seguir la siguiente secuencia:

- Colocar las guías maestras y fajas en forma limpia y dejándolas perfectamente aplomadas.
- Colocar las distintas capas como sigue:
  - Si es una capa de adherencia, utilizar un mortero de alta trabajabilidad y colocarlo mediante un salpique muy enérgico. Esta capa se coloca y no se reglea ni se trabaja con cepillo.
  - En las capas de llenado utilizar un mortero plástico de buena trabajabilidad, salpicando con energía cubriendo en forma ordenada y con espesor similar.
  - Cuando se requiera una capa de llenado con un espesor mayor de 20 mm, se debe colocar en dos etapas.
  - Se debe recordar que una capa demasiado gruesa tiende a agrietarse y desprenderse.
  - Si ya se colocó una capa de adherencia (o una primera capa de llenado), esta segunda capa puede colocarse apenas se haya secado la primera capa para que fragüe junto con ella; sin embargo, la capa de llenado puede colocarse 1 ó 2 días después, una vez que la primera capa haya realizado gran parte de su retracción hidráulica. La primera capa debe humedecerse previamente a la colocación de la segunda.
  - La terminación de la capa de llenado se hace regleando y rellenando sin cepillar. Para efectuar el regleado, se debe pasar la regla de abajo hacia arriba con movimiento de sierra, horizontal primero y diagonal después, inclinando primero a la derecha y luego a la izquierda, y corrigiendo las pequeñas concavidades que puedan haber quedado después de pasar la regla.
  - Hacer la capa de terminación con un mortero fino y plástico, salpicando sobre la capa de llenado, previamente humedecida, 1 ó 2 días después de terminar esta última.
  - Finalmente alisar con una paleta de madera y terminar con un escobillón de pelo o cepillo con fieltro (Cementos Caribe, s.f.).

## **2.4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MAMPOSTERÍA**

La mampostería está compuesta por dos materiales, los bloques y el mortero, es por esto que las propiedades índice de las piezas y del mortero, no son suficientes para determinar de una manera confiable las propiedades de la mampostería. Las propiedades del conjunto dependen de las de los componentes y de la relación que se establece entre ambos. La fabricación de los muros se hace mediante un proceso eminentemente artesanal; por ello la calidad de la mano de obra juega un papel importante en las propiedades mecánicas del muro terminado (Meli, 1985).

La resistencia de la mampostería a compresión y corte, definen principalmente el comportamiento mecánico de la mampostería ante solicitaciones reales. Con el propósito de determinar dichas resistencias, se han diseñado multitud de ensayos en pequeños especímenes, cuyos resultados constituyen la base de las propiedades mecánicas del material. El comportamiento de estos especímenes, cuando se someten a ensayos, es el producto de la acción heterogénea de los componentes de la mampostería presentes (bloques y mortero), imitando o modelando así el que asumen elementos de mampostería similar sometidos a cargas iguales a las de los ensayos (Gallegos, 1989).

El modelaje es complicado, por las características anisotrópicas de la mampostería y porque en la práctica las cargas no se presentan como en el ensayo, aisladas de efectos de borde y otras interacciones. El camino práctico para definir el procedimiento de estos ensayos y el tipo de especímenes, ha sido el de escoger determinadas orientaciones para la carga a aplicar (Gallegos, 1989).

A continuación, se describen los comportamientos típicos de la mampostería sometida a esfuerzos de compresión y a esfuerzos cortantes.

### **2.4.1. Comportamiento mecánico de la mampostería en compresión**

En términos generales la mampostería proporciona gran resistencia al ser sometida a esfuerzos de compresión, hecho con el cual se concluye que el

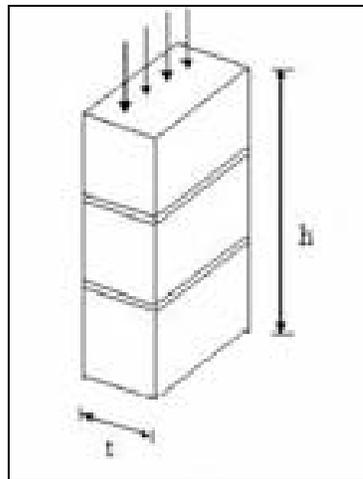
comportamiento y fallas ante cargas axiales dependen principalmente de la interacción entre las piezas de mampostería y el mortero de pega.

En vista que cada material se comporta diferente, aún estando sometidos bajo las mismas condiciones de esfuerzos, de la misma manera las proporciones al deformarse son distintas, así un material como el bloque, normalmente mucho menos deformable que el mortero, restringe las deformaciones transversales de éste último. Como consecuencia, al mortero de pega le son transmitidos esfuerzos de compresión transversal que lo colocan en un estado de compresión triaxial, mientras que a los bloques, siendo más rígidos, le son transmitidos esfuerzos transversales de tracción, disminuyendo así su resistencia a la compresión con respecto a la que puede ser encontrada por medio de un ensayo individual a las piezas (Bonett, 2003; Lafuente, 1989).

Existen varias maneras por medio de las cuales se puede obtener la resistencia a la compresión de la mampostería; a través del ensayo a compresión simple de prismas; por medio de la resistencia a la compresión de los bloques y el mortero; o mediante valores indicativos expresados en tablas que relacionan los tipos de bloques con el mortero utilizado (Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*", 2004).

El ensayo de compresión simple, se realiza a pilas (prisma de piezas colocadas una sobre otra), construidas con un mínimo de tres bloques sobrepuestos y pegados con mortero (ver Figura II-4). La relación altura ( $h$ ) a espesor ( $t$ ) de pilas estará comprendida entre dos y cinco (Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*", 2004). El ensayo se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado, hasta que el espécimen no admite más carga. El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área de aplicación de la carga. En éste tipo de procedimiento, la falla más común es la formación de grietas verticales generadas por las deformaciones transversales de las piezas, incrementadas por el efecto de las deformaciones del mortero en las juntas. Cuando este agrietamiento vertical se vuelve excesivo, se produce la inestabilidad del elemento y su falla. Para pilas

con piezas de baja resistencia, la falla se presenta por aplastamiento en compresión de las piezas mismas; esto confirma el hecho de que las fallas también dependen de la calidad de los materiales. El aplastamiento del mortero no ocasiona la falla cuando los esfuerzos son puramente axiales, ya que éste, cuando se aplasta, es retenido por fricción por las piezas y el conjunto puede soportar cargas mayores; sin embargo, en elementos esbeltos el aplastamiento del mortero puede provocar problemas de inestabilidad (Gallegos, 1989; Miranda, 1999).



**Figura II-4.** *Ensayo de una pila para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería*  
Fuente: Bonett, 2003.

En términos generales, puede decirse que la resistencia a la compresión determinada en pilas es del orden de 50 por ciento de la de los bloques y de 35 por ciento de ésta para ladrillos. La diferencia se debe a la distinta relación de esbeltez de las piezas individuales (Meli, 1985).

Dado a que la calidad y características de los materiales inciden directamente en la respuesta de la mampostería ante esfuerzos compresores ( $f_m$ ), es preciso exponer algunos de estos agentes:

Propiedades de los bloques: Dentro de las que cabe mencionar la esbeltez de las paredes de las celdas, el número de paredes resistentes y su espesor y el grado de restricción que ofrecen las paredes horizontales al pandeo. Por otra

parte, se tiene que existe una relación entre el prisma y la resistencia de la pieza, a mayor resistencia del bloque mayor resistencia a la compresión de la mampostería; sin embargo, esta relación no es directa.

Características del mortero de pega: Los morteros de más resistencia a la compresión producen prismas de más resistencia con los mismos bloques; así mismo, el aumento del espesor de la junta del mortero disminuye la resistencia del prisma, debido a que el esfuerzo de confinamiento en el bloque aumenta con la cantidad de mortero que este debe confinar.

Relación esfuerzo-deformación: Dado que la mampostería es el resultado de combinar un material elástico, como el mortero de pega y uno inelástico, correspondiente a las piezas de mampostería, ha sido necesario realizar múltiples ensayos para conocer la relación esfuerzo-deformación de la misma, llegando así a la elaboración de patrones de conducta, mediante gráficos generalizados, como el presentado en la Figura II.1. (Gallegos, 1989; Ruiz y Renda, 1987).

#### **2.4.2. Comportamiento de la mampostería a cortante**

Existen gran variedad de situaciones en las que un muro de mampostería se puede ver sometido a esfuerzos cortantes. Desde luego que una de las situaciones más importantes es cuando una edificación de mampostería se ve sometida a sismos; sin embargo existen muchas otras situaciones en las que se pueden producir este tipo de sollicitaciones en la mampostería. La acción de cargas gravitacionales con una distribución poco uniforme de cargas verticales en un determinado muro, las cargas laterales producto de la acción del viento y los hundimientos diferenciales en una edificación de mampostería, son algunas de las situaciones que producen esfuerzos cortantes. De ahí que sea muy importante conocer el comportamiento mecánico de la mampostería no reforzada bajo este tipo de sollicitaciones, ya que es el tipo de acción que con mayor frecuencia produce su falla (Miranda, 1999).

Las fallas generadas por este tipo de esfuerzos se ven representadas por la aparición de grietas que atraviesan las piezas de mampostería, generadas por la respuesta frágil de éstas, al verse sometidas a tracción, o el evidente desgaste

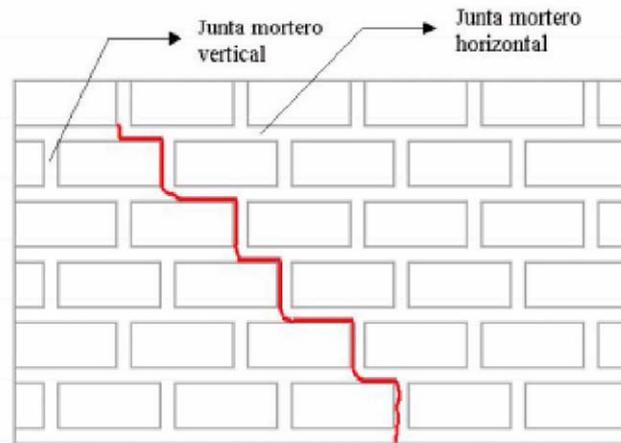
que sigue la ruta trazada por la juntas del mortero de pega, dada la debilidad entre ellas (Bonett, 2003).

Dado que una propiedad como la adherencia es de gran influencia en el comportamiento de los muros, es preciso mencionar algunos de los factores de cada material que inciden directamente en ella. De esta manera, las piezas de mampostería se ven afectadas por factores como la porosidad, la tasa inicial de absorción de agua, la rugosidad de la superficie, el contenido de humedad y la reactividad química; por otro lado el mortero es influenciado por las características de la arena, la reacción limo-cemento, la capacidad de retención de agua, el contenido de humedad y la presencia de aditivos (Bonett, 2003).

Si bien aún no es posible cuantificar la influencia en el desarrollo de propiedades adherentes, de cada uno de los factores anteriormente mencionados, sin embargo, puede indicarse que variables como el contenido de humedad de las piezas y la presencia de limos en la mezcla de mortero son altamente incidentes en éstas (Bonett, 2003).

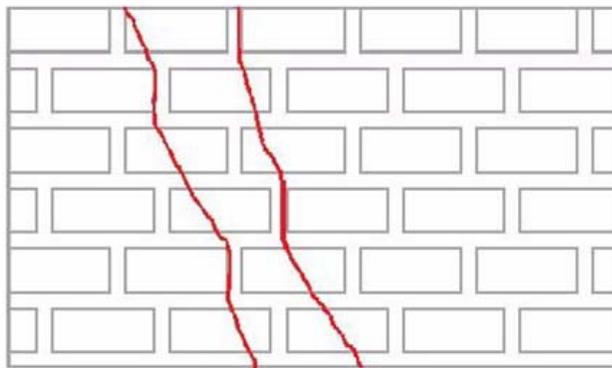
Sabiendo este comportamiento en general se pueden identificar tres tipos de fallas que corresponden a fallas por cortante en la junta, por tracción diagonal y por compresión.

Falla por cortante en la junta: Este tipo de falla ocurre para esfuerzos normales de compresión bajos y se produce por la unión débil de las interfaces mortero-pieza, dando lugar a esfuerzos cortantes deslizantes en las juntas horizontales. En otras palabras, es un tipo de falla que se produce cuando la resistencia de las piezas es mayor, en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las piezas, por lo que el agrietamiento ocurre en el elemento débil que en este caso es la junta. La Figura II-5 muestra la distribución escalonada de las grietas asociadas a este tipo de falla, las cuales se forman a partir de los extremos de las juntas verticales, que constituyen planos de debilidad en la mampostería, debido a que su resistencia a la adherencia disminuye por causa de la contracción y de los vacíos existentes (Bonett, 2003; Miranda, 1999).



**Figura II-5:** *Agrietamiento escalonado diagonalmente producido por una falla por cortante en la junta en muros de mampostería no estructural*  
Fuente: Bonett, 2003.

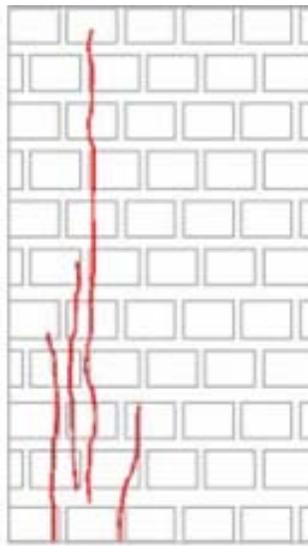
Falla por tracción diagonal: Este tipo de falla es el resultado de la presencia de esfuerzos moderados a cortante y de compresión, que aumentan la resistencia al corte en las juntas de mortero. Es una falla que normalmente se da cuando la resistencia a la tracción de las piezas es menor, en relación con la resistencia a la adherencia del mortero con las piezas, propiciando así la aparición de grietas en las piezas de mampostería. La inclinación de las grietas depende principalmente de la concentración de esfuerzos en las piezas, en donde no sólo se logra observar el agrietamiento de éstas sino también el deterioro del mortero de pega (ver Figura II-6) (Bonett, 2003; Miranda, 1999).



**Figura II-6:** *Agrietamiento producido por una falla por tracción diagonal en muros de mampostería no estructural*

Fuente: Bonett, 2003.

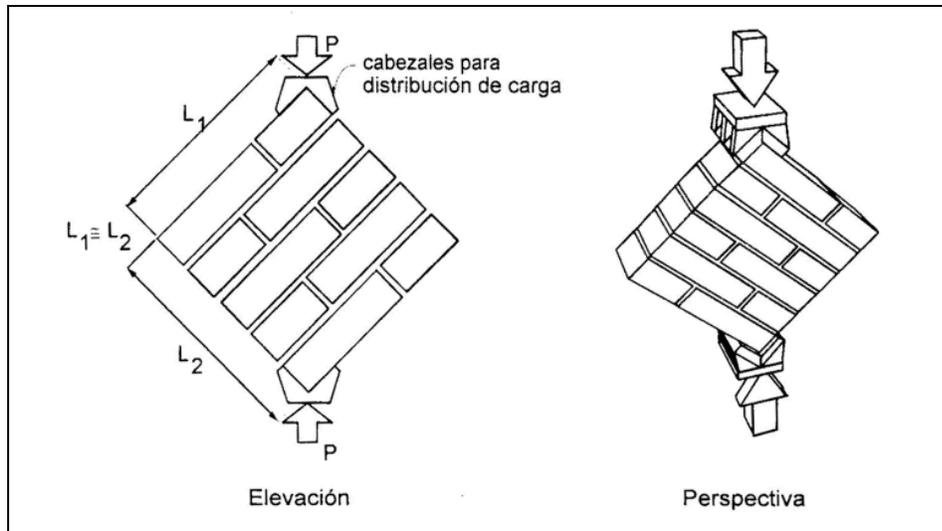
**Falla a compresión:** La falla a compresión se presenta cuando los esfuerzos normales son elevados, superando ampliamente los esfuerzos cortantes y reduciendo considerablemente la resistencia a compresión de la mampostería, hecho del cual se genera una respuesta similar a la de compresión directa, en donde las grietas aparecen por efecto de las deformaciones verticales y se propagan en dicho sentido (ver Figura II-7) (Bonett, 2003).



**Figura II-7:** *Agrietamiento vertical producido por una falla por compresión en muros de mampostería no estructural*  
Fuente: Bonett, 2003.

Para estudiar el comportamiento de la mampostería a cortante, se utiliza un ensayo de compresión diagonal. Este ensayo consiste en aplicar una compresión diagonal a muretes contruidos con piezas de mampostería, pegadas con mortero y que tienen una longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza y el número de hiladas necesarias para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud. En el ensayo de compresión diagonal, en el murete se produce un estado de esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal en la cual se aplica la carga, pero al mismo tiempo se produce un estado de esfuerzos de tracción a lo largo de la diagonal perpendicular a la que se produce la compresión. Este esfuerzo resistente a tracción es mucho menor que el esfuerzo resistente a la

compresión de la mampostería y aunque se trate de un ensayo de compresión diagonal, el modo de falla es en prácticamente todos los casos por tracción diagonal (Miranda, 1999). En la siguiente figura (Figura II-8), se presenta un esquema de este tipo de ensayos.



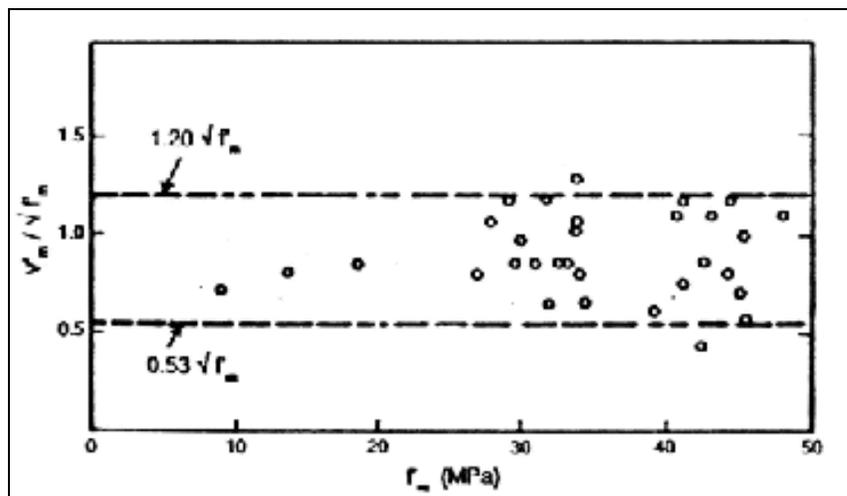
**Figura II-8:** *Ensayo de compresión diagonal*  
Fuente: Miranda, 1999

Del ensayo a compresión diagonal de muretes, se obtiene el valor de la resistencia al corte de la mampostería; sin embargo, este valor también se puede determinar a través de valores indicativos expresados en tablas que relacionan los tipos de bloques con el mortero utilizado (Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*", 2004).

La calidad del mortero afecta la resistencia; la diferencia es sensible entre un mortero con proporcionamiento volumétrico 1:0:3 y 1.2.9 de cemento, cal y arena. El esfuerzo cortante resistente varía generalmente entre 2 y 10 kgf/cm<sup>2</sup>, lo cual depende del tipo de pieza; las resistencias menores corresponden a piezas de muy baja resistencia en compresión y a piezas con perforaciones muy grandes y superficies lisas. Las resistencias mayores corresponden a piezas de superficies

rugosas o con perforaciones pequeñas en los que se introduce el mortero, proporcionando un anclaje mecánico (Miranda, 1999).

Se ha tratado de relacionar el valor de la resistencia al corte ( $v_m$ ) con el valor de la resistencia a la compresión de la mampostería ( $f_m$ ) y se ha visto que el esfuerzo cortante resistente es proporcional a la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión. En realidad esta relación es más estadística que funcional, ya que las propiedades o características que afectan a una, no afectan a la otra. Más aún, evaluando los ensayos de compresión es posible establecer que la relación puede ser inversa, ya que aquellas condiciones que aumentan la resistencia al corte, como por ejemplo, la presencia del mortero, disminuyen la resistencia a la compresión. El resultado de evaluaciones experimentales para obtener una relación entre ambas resistencias se presenta en la Figura II-9, donde se aprecian los límites para la relación entre la resistencia al corte y la raíz de la resistencia a la compresión, de la mampostería estructural.

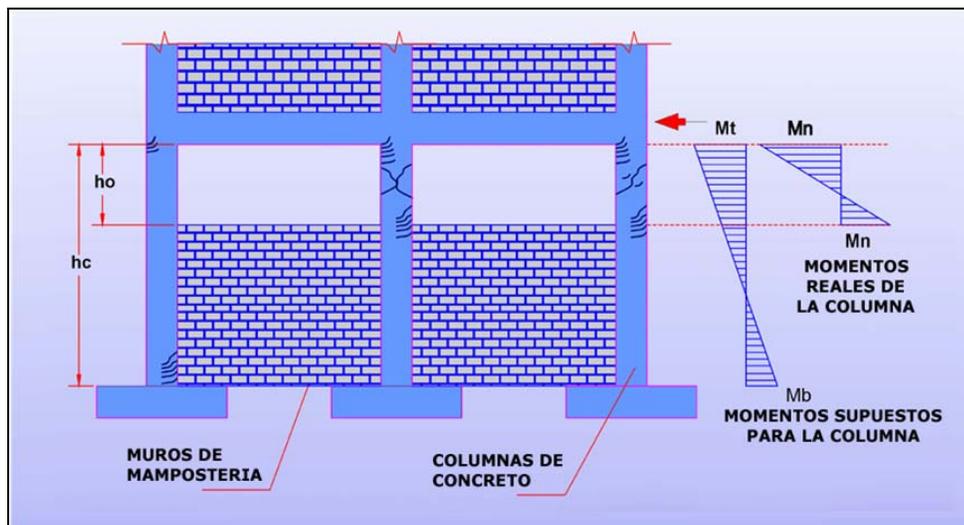


**Figura II-9:** Resistencia a la compresión de la mampostería vs. la relación entre la raíz cuadrada de su resistencia al corte y su resistencia a la compresión  
Fuente: Gallegos, 1989

## 2.5. FENÓMENO DE COLUMNA CORTA (COLUMNA CAUTIVA) PRODUCIDO POR LA MAMPOSTERÍA

Este fenómeno se origina por una disminución en la longitud efectiva de las columnas, debido a un confinamiento por medio de paredes. Esto aumenta la rigidez de las columnas, originando así una concentración de fuerzas cortantes que pueden conllevar a un mecanismo de falla frágil cuando este elemento estructural agota su capacidad portante, debido a que no puede soportar las solicitaciones de corte generadas. Este fenómeno es uno de los mecanismos más desfavorables en la estructura (Fernández y Viana, 1998).

De lo antes expuesto, se debe otorgar una mención especial a los muros de mampostería que llenan parcialmente la altura de las columnas de concreto armado o acero de las edificaciones, ocasionando que la parte superior de estas columnas, queden sujetas a una fuerza cortante mayor a la considerada en su diseño, debido al incremento de rigidez proporcionado por el muro (ver Figura II-10). Así, en esta sección se han observado fallas por corte, especialmente cuando no se proporciona suficiente refuerzo transversal al elemento estructural (ver Figura II-11). Este daño en columnas puede provocar el colapso parcial o total de la estructura.



**Figura II-10:** Efecto de columna corta (columna cautiva) producida por muros de mampostería

Fuente: <http://202.54.104.236/intranet/eha/Mitigacion/Contenidos/spanish/estructurales.htm>



**Figura II-11:** *Efecto de columna corta donde se observa poco refuerzo transversal en las columnas para proporcionar el confinamiento adecuado*  
Fuente: Norberto Fernández, Prof. del IMME, UCV

Un aspecto que ha ocasionado un mal comportamiento global de una estructura, ha sido cuando se emplean muros en colindancia con columnas y no se considera la influencia de éstos en su comportamiento estructural durante el diseño original de ingeniería. Cuando las paredes divisorias no estructurales se construyen de tal forma que quedan firmemente sujetas a los elementos estructurales y trabajan como parte del sistema resistente, normalmente fallan, debido a que son elementos que no fueron contruidos para esa función; más aún cuando hay columnas que han sido acortadas de una altura inicial (altura entre pisos), a una altura más corta debido a la inclusión de muros de relleno. Este tipo de columnas presenta primero falla frágil por cortante antes que la falla dúctil por flexocompresión. Este fenómeno puede explicar el número elevado de edificaciones, primordialmente escolares, que en el Estado Sucre, resultaron afectadas durante el sismo de Cariaco de 1997. En la Figura II-12 se observa el colapso de la Escuela Valentín Valiente producto de la acción del sismo; en la Figura II-13, se observa el efecto de columna corta en los dos niveles de esta escuela.



**Figura II-12:** *Colapso de la Escuela Valentín Valiente, sismo de Cariaco, 1997*



**Figura II-13:** *Efecto de columna corta en los dos niveles, Escuela Valentín Valiente*

Fuente: Norberto Fernández, Prof. del IMME, UCV

Una forma de evitar fallas por columna corta (columna cautiva) es desacoplando el muro de mampostería de la columna colindante y permitiendo el movimiento libre de ésta. Diseñadores de estructuras han sugerido el empleo de ángulos metálicos para permitir el desplazamiento lateral de los muros de relleno y desligarlos del marco principal, o bien el uso de materiales flexibles, entre el marco y el muro, para evitar la concentración de esfuerzos en las esquinas. Sin embargo, estas soluciones no proporcionan restricción fuera del plano del muro y, por consiguiente, puede producirse un posible volcamiento del muro. Para evitar esta posibilidad, en muros de fachada se han ligado ambos elementos mediante conexiones metálicas, que impiden el movimiento fuera del plano del muro. Cabe mencionar, que el proceso de desligar muros siempre será complicado y requiere de una buena supervisión constructiva. Finalmente, es indispensable que el diseñador determine la participación o influencia estructural del muro, disponga el detallado adecuado y revise su ejecución durante el proceso constructivo para evitar un mal comportamiento de la estructura en general (Ruiz, Sánchez y Miranda, 1999).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

Para evaluar la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería, se realizaron ensayos de compresión a especímenes. Los especímenes estuvieron constituidos por bloques huecos de arcilla y de concreto; pilas y muretes, construidos con bloques huecos de arcilla y de concreto, sin frisar y con dos espesores de friso (1 cm y 2 cm) y finalmente, probetas cúbicas del mortero utilizado durante la construcción. Para obtener las propiedades mecánicas, se realizaron dos tipos de ensayos, de compresión simple a probetas cúbicas, bloques y pilas y de compresión diagonal a muretes aproximadamente cuadrados.

De esta manera se realizó una investigación de tipo experimental, donde se manipulan variables, que en este caso vendrían a ser el tipo de bloque y la existencia o no del friso; para así obtener otras variables, que son la resistencia a la compresión simple y la resistencia al corte, como propiedades mecánicas más características de la mampostería.

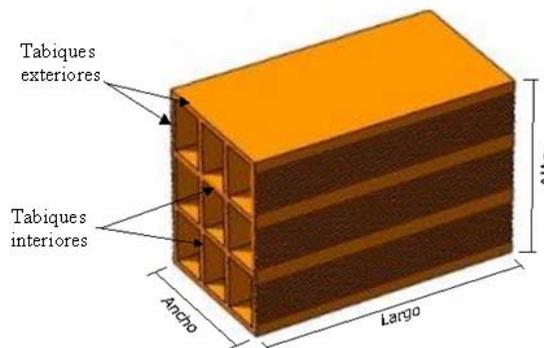
En vista de lo antes expuesto, fue necesario establecer una serie de etapas debidamente identificadas y estructuradas, para lograr cumplir con los objetivos establecidos.

#### **3.1. SELECCIÓN Y PREDIMENSIONADO DE LOS ESPECÍMENES**

Para la ejecución de los ensayos se utilizaron cinco especímenes por cada tipo de bloque, pila y murete. En el caso de las probetas cúbicas, se estableció la toma de muestras, de forma aleatoria, a medida que se elaboraba el mortero para la construcción y ejecución del friso.

### 3.1.1. Bloques huecos de arcilla

Con dimensiones nominales para largo, alto y ancho de 30 cm, 20 cm y 15 cm, respectivamente (ver Figura III-1); clasificados como Tipo B, por la Norma Venezolana COVENIN 2-78: "*Bloques de Arcilla para Paredes. Especificaciones*", debido a que el fabricante de los bloques adquiridos no suministró ninguna información al respecto.



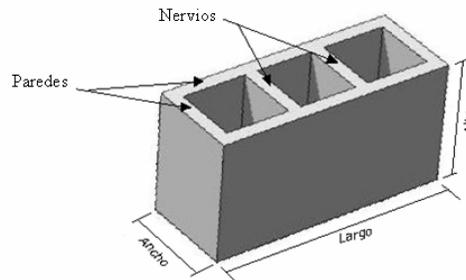
**Figura III-1.** *Bloque hueco de arcilla*  
Fuente: Elaborado por las autoras

En la Figura A1-1, Apéndice A-1, se observan dos de los bloques huecos de arcilla adquiridos para realizar el presente trabajo.

Los cálculos de cantidades necesarias de bloques huecos de arcilla para la construcción de los especímenes, se presentan en el Apéndice B de este trabajo.

### 3.1.2. Bloques huecos de concreto

Con dimensiones nominales para largo, alto y ancho de 40 cm, 20 cm y 15 cm, respectivamente (ver Figura III-2) y clasificados en Tipo Liviano, según los agregados y Tipo B, según su uso; de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 42-82: "*Bloques de Huecos de Concreto*"



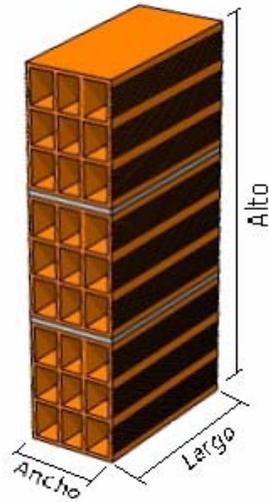
**Figura III-2.** Bloque hueco de concreto  
Fuente: Elaborado por las autoras

En la Figura A1-2, Apéndice A-1, se observan dos de los bloques huecos de arcilla adquiridos para realizar el presente trabajo.

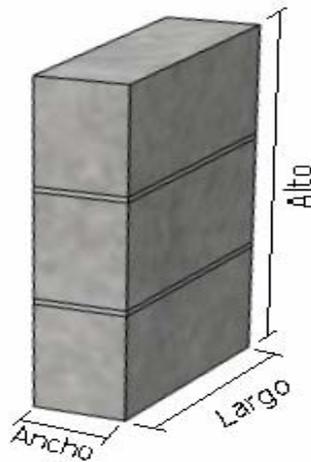
Los cálculos de cantidades necesarias de bloques huecos de concreto para la construcción de los especímenes, se presentan en el Apéndice B de este trabajo.

### **3.1.3. Pilas**

Los requerimientos de la Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*" (2004), establecen que las pilas estén formadas por un mínimo de tres bloques y que su relación de esbeltez (altura/ancho) esté comprendida entre dos y cinco. Es por esto, que para cumplir con estos lineamientos y de acuerdo a las dimensiones nominales de los bloques utilizados, se estableció elaborar pilas con bloques huecos de arcilla y de concreto, constituidas por tres bloques sobrepuestos, pegados con mortero (ver Figura III-3 y Figura III-4), con una relación de esbeltez (Alto/Ancho) de 4. Este tipo de pilas ya ha sido utilizada en anteriores investigaciones del IMME (Castilla y Pose, 1987; Ruiz y Renda, 1987).



**Figura III-3.** Pila con bloques huecos de arcilla  
 Fuente: Elaborado por las autoras



**Figura III-4.** Pila con bloques de concreto  
 Fuente: Elaborado por las autoras

El conjunto de pilas seleccionadas para ser ensayadas, estaba formado por treinta especímenes, con las siguientes características:

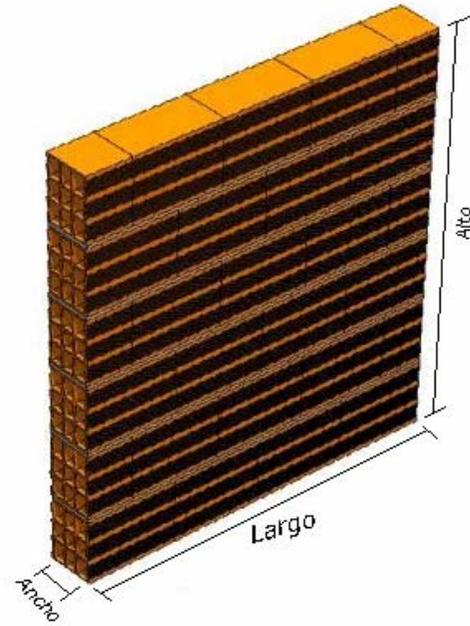
**Tabla III-1**  
*Características de las pilas ensayadas*

Tipo de Pila	Característica	Cantidad de especímenes	Dimensión		
			Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
Pilas con bloques huecos de arcilla	Sin Friso	5	30	60	15
	Friso 1 cm	5	30	60	17
	Friso 2 cm	5	30	60	19
Pilas con bloques de concreto	Sin Friso	5	40	60	15
	Friso 1 cm	5	40	60	17
	Friso 2 cm	5	40	60	19

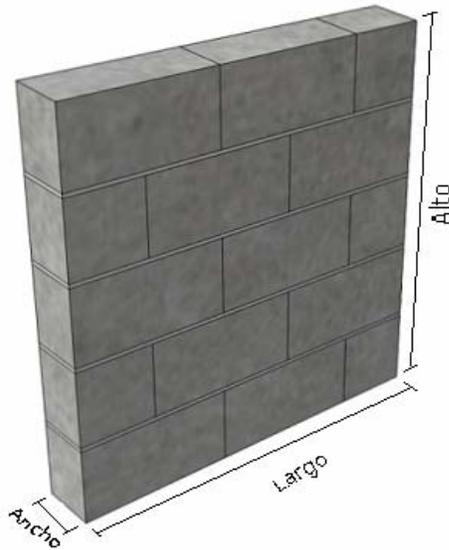
#### 3.1.4. Muretes

Se elaboraron muretes aproximadamente cuadrados con bloques huecos de arcilla y de concreto.

Se estableció que los muretes con bloques huecos de arcilla estuviesen constituidos por veinticuatro bloques que conforman seis hiladas (ver Figura III-5), pegados con mortero sólo en las juntas horizontales. Para los muretes con bloques de concreto, se estableció que se constituyeran por trece bloques que conforman cinco hiladas (ver Figura III-6), pegados con mortero tanto en las juntas horizontales como en las verticales. El número de hiladas dependía de la geometría que se fijó para los muretes: aproximadamente cuadrados y con lados de longitud de al menos una vez y media la longitud de la pieza (según la Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*" (2004)).

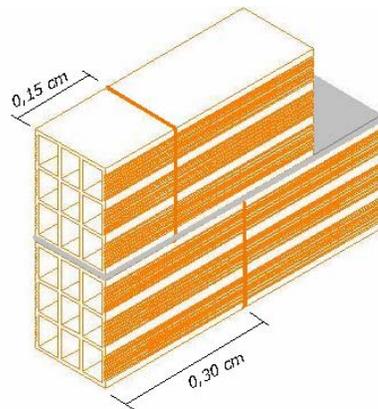


**Figura III-5.** Murete con bloques huecos de arcilla  
Fuente: Elaborado por las autoras

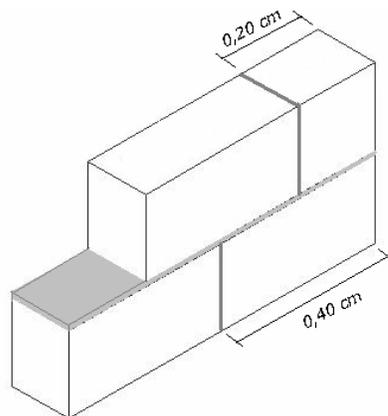


**Figura III-6.** Murete con bloques de concreto  
Fuente: Elaborado por las autoras

El arreglo o disposición de los bloques huecos de arcilla y de concreto en los muretes, se estableció como del tipo “trabados” (ver Figura III-7 y Figura III-8).



**Figura III-7.** “Bloques trabados” en Muretes con bloques huecos de arcilla  
Fuente: Elaborado por las autoras



**Figura III-8.** Amarre con “bloques trabados” en Muretes con bloques de concreto  
Fuente: Elaborado por las autoras

El conjunto de muretes seleccionados para ser ensayados, estaba formado por treinta especímenes, con las siguientes características:

**Tabla III-2**  
*Características de muretes ensayados*

Tipo de Murete	Característica	Cantidad de especímenes	Dimensión		
			Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
<b>Murete con bloques huecos de arcilla</b>	Sin Friso	5	120	120	15
	Friso 1 cm	5	120	120	17
	Friso 2 cm	5	120	120	19
<b>Murete con bloques de concreto</b>	Sin Friso	5	100	100	15
	Friso 1 cm	5	100	100	17
	Friso 2 cm	5	100	100	19

### 3.1.5. Probetas cúbicas

Se establecieron seis probetas cúbicas por cada muestra tomada, siguiendo los lineamientos de la Norma Venezolana COVENIN 484-93: *"Cemento Portland. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros en Probetas Cúbicas de 50.8 mm de lado"*.

## 3.2. MORTERO

El mortero utilizado para pegar los bloques y para la ejecución del friso de los especímenes, consistió en una mezcla con relación volumétrica entre arena, cal y cemento de 3:0.5:1. Ésta define una relación entre agregados (arena) y cementantes (cal y cemento) de 2, igual a la utilizada en anteriores investigaciones (Castilla y Pose, 1987; Castilla, 1998).

### 3.2.1. Componentes del mortero

**Arena:** Se utilizó arena ligada, la cual está constituida por arena amarilla y polvillo de piedra, adquirida en metros cúbicos, en dos ferreterías dedicadas a la venta de materiales de construcción (ver Figura A2-1, Apéndice A-2). Los cálculos de cantidades estimadas de arena para la construcción de los especímenes, se presentan en el Apéndice B de este trabajo.

Se tomó una muestra de cada una de las dos arenas adquiridas, para realizarle un análisis de la composición granulométrica, siguiendo lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 277:2000: "*Concreto. Agregados. Requisitos*". Adicionalmente, en vista de que en Venezuela no existe normativa para los agregados utilizados en morteros de mampostería, se recurrió a la Norma Técnica Colombiana NTC-2240: "*Agregados Usados en Morteros de Mampostería*", con el fin de comparar las granulometrías obtenidas, con los requisitos mínimos establecidos en ella. Es importante destacar que este análisis granulométrico se realizó sólo con fines comparativos, debido a que este trabajo no contempla el estudio de paredes de mampostería con funcionamiento estructural sino con fines de cerramiento.

Para el análisis de la composición granulométrica, en un principio se tomaron 2 kilogramos de arena; luego se procedió a efectuar un cuarteo (ver Figura A2-2, Apéndice A-2), para así obtener una muestra definitiva de 500 gramos; seguidamente fue llevada al horno para su secado, donde permaneció un lapso de 24 horas; después de este lapso, se procedió a colocar la muestra en la tamizadora mecánica ubicada en el Laboratorio de Agregados del IMME, utilizando los siguientes tamices: #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200, recomendados por Gallegos (1989) (ver Figura A2-3, Apéndice A-2); luego se colocaron los retenidos en cada tamiz en taras debidamente identificadas para el pesado de cada una de ellas (ver Figura A2-4 y Figura A2-5, Apéndice A-2); finalmente, se determinaron los porcentajes de pasante de cada tamiz para efectuar el estudio comparativo de los requisitos mínimos establecidos por las Normas NTC-2240 y COVENIN 277:2000, mencionadas anteriormente. Los resultados de este estudio se presentan de la Tabla IV-1 a la Tabla IV-3 y en el Gráfico IV-1 y Gráfico IV-2, Capítulo IV; los cálculos necesarios para obtenerlos se presentan en el Apéndice C.

Para determinar los pesos, en gramos, se utilizó una balanza electrónica con apreciación de 1 gf, ubicada en el Laboratorio de Suelos de la Nave de Ensayos Físicos del IMME (ver Figura A2-6, Apéndice A-2).

**Cemento:** Se empleó cemento Portland Tipo I. El cemento fue adquirido en sacos de 42.5 kg, y se almacenó en la Nave de Ensayos Especiales del IMME, en pilas con un máximo de seis sacos (ver Figura A2-7, Apéndice A-2), sobre paletas y protegidas con cobertores de plástico; todo esto, para evitar la formación en el cemento de grumos de hidratación y compactación.

Los cálculos de cantidades estimadas de cemento para la construcción de los especímenes, se presentan en el Apéndice B de este trabajo.

**Cal:** Se utilizó cal hidratada en pasta para la elaboración del mortero, adquirida en pipotes con una capacidad de 200 litros (ver Figura A2-8, Apéndice A-2). Los cálculos de cantidades estimadas de cal hidratada para la construcción de los especímenes, se presentan en el Apéndice B de este trabajo.

**Agua:** Este componente provenía del acueducto que abastece al IMME.

### **3.2.2. Preparación del mortero**

En el patio ubicado entre el Laboratorio de Agregados y la Nave Norte del IMME, se elaboró el mortero. El procedimiento a seguir, consistió en colocar y mezclar en el piso de concreto del patio, las cantidades de arena y cemento para obtener las relaciones volumétricas establecidas; luego eran esparcidas formando un hoyo central (ver Figura A2-9, Apéndice A-2), para así verter la cantidad de cal correspondiente (ver Figura A2-10, Apéndice A-2) y el agua necesaria para dar como resultado un mortero fácilmente trabajable (ver Figura A2-12, Apéndice A-2).

De acuerdo al ritmo de las jornadas de trabajo, se elaboraron dos tipos de dosificaciones, una con seis cuñetes de arena, uno de cal y dos de cemento y otra dosificación con tres cuñetes de arena, medio de cal y uno de cemento (ver Figura A2-11, Apéndice A-2). En total, se elaboraron once mezclas del primer tipo de dosificación y diez mezclas del segundo tipo, tomando muestras de forma aleatoria, para luego determinar la resistencia a la compresión del

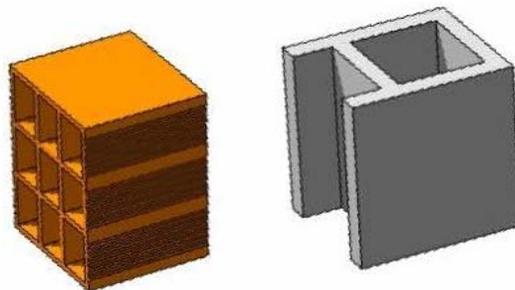
mortero. El transporte del mortero, del sitio de preparación, al sitio de construcción de los especímenes, se realizaba por medio de varios cuñetes.

### 3.3. CONSTRUCCIÓN DE PILAS Y MURETES

Para esta etapa se requirió la contratación de tres albañiles. Su duración fue de nueve jornadas de trabajo de 8 horas cada una, comprendiendo la construcción de pilas y muretes, con friso y sin friso.

Para la construcción de los especímenes se tomó la precaución de no utilizar bloques con características físicas (grietas en las caras, grietas en los tabiques o paredes, piezas mal formadas y roturas), que indicaran mala calidad de las piezas, producto de su elaboración, transporte y manejo; todo esto con el fin de que estas características no afectaran los resultados de los ensayos.

Debido a la geometría establecida de los especímenes, fue necesario que se cortaran, en mitades, cuarenta y cinco bloques huecos de arcilla y treinta y ocho bloques de concreto, durante un lapso de dos días (ver Figura III-9). Estos cortes se realizaron en una máquina cortadora eléctrica con disco de punta de diamante, ubicada en el Laboratorio de Agregados del IMME (ver Figura A3-1, Figura A3-2, Figura A3-3 y Figura A3-4, Apéndice A-3).



**Figura III-9.** *Mitades de Bloques*  
Fuente: Elaborado por las autoras

La posición de los bloques en las pilas y los muretes, dependía del tipo de bloque; si era de arcilla, de acuerdo a la Figura A3-5, Apéndice A-3; si era de concreto, de acuerdo a la Figura A3-6, Apéndice A-3.

Finalmente, se almacenaron los bloques huecos de arcilla en la Nave de Ensayos Especiales del IMME y los bloques de concreto, en la planta baja de la Nave de Ensayos Físicos del IMME, antes de comenzar la etapa de construcción (ver Figura A3-7 y Figura A3-8, Apéndice A-3).

### **3.3.1. Pilas**

La elaboración de las pilas se realizó en tres etapas, en una jornada de trabajo cada una. En la primera etapa se construyeron estos especímenes; en la segunda, se procedió a la ejecución del friso y en la tercera, se pintaron las pilas con cal hidratada. Entre la primera y segunda etapa trascurrieron 5 días; entre la segunda y tercera etapa, 3 días.

El procedimiento de construcción de pilas, realizado en la primera etapa, consistió en colocar un primer bloque sobre el sitio de trabajo (ver Figura A3-9, Apéndice A-3); luego se aplicó una capa de mortero con un espesor de 10 a 12 mm para así pegar el siguiente bloque por medio de golpeteo sobre las piezas (ver Figura A3-10, Apéndice A-3); a continuación se procede a nivelar las caras verticales y horizontales de pila con un nivel de burbuja (ver Figura A3-11, Apéndice A-3); finalmente se pegó un tercer bloque con su respectivo proceso de nivelado (ver Figura A3-12, Apéndice A-3).

Durante la segunda etapa, se ejecutó el friso en las pilas que así lo requerían. Para garantizar los espesores de 1 y 2 cm, se colocaron listones de madera en los bordes verticales de las pilas, sujetos con sargentos de carpintería, de manera que sobresaliera la dimensión deseada (ver Figura A3-13, Apéndice A-3). Esta dimensión se establecía por medio de una cinta métrica, en los extremos superiores e inferiores de cada lado (ver Figura A3-14, Apéndice A-3).

Se debe mencionar, que en las pilas con bloques de concreto fue necesario aplicar un friso base por medio de la técnica del salpicado, usual en la construcción de paredes con bloques de concreto (ver Figura A3-15, Apéndice A-3), con la finalidad de favorecer la adherencia bloque-mortero de friso. En las pilas construidas con bloques huecos de arcilla no se aplicó este friso

base, debido a que la superficie ondulada de los bloques favorecía la adhesión del mortero de friso.

Luego las dos primeras etapas, se pintaron las pilas con una mezcla de cal hidratada con agua (ver Figura A3-16, Apéndice A-3). La cal fue adquirida en polvo, en sacos de 8 kilogramos. Esta etapa se hizo necesaria, para garantizar la observación de las grietas en los especímenes, producto de los ensayos. La cantidad estimada de cal hidratada para pintar los especímenes, se presenta en el Apéndice B de este trabajo.

### **3.3.2. Muretes**

La elaboración de los muretes se realizó en tres etapas, en dos jornadas de trabajo cada una. En la primera etapa se construyeron estos especímenes; en la segunda se procedió a la ejecución del friso; en la tercera se pintaron los muretes con cal hidratada. La primera y segunda etapa se realizaron de forma continua y entre la segunda y tercera etapa, transcurrieron 3 días.

El procedimiento de construcción de muretes, realizado en la primera etapa, consistió en colocar una primera hilada sobre el sitio de trabajo; luego se aplicó una capa de mortero con un espesor de 10 a 12 mm para así pegar cada bloque de la siguiente hilada por medio de golpeteo sobre las piezas, (ver Figura A3-17, Apéndice A-3); a continuación se procede a nivelar las caras verticales y horizontales del murete con un nivel de burbuja (ver Figura A3-18, Apéndice A-3); seguidamente, se pegaban las hiladas necesarias para cumplir con la geometría establecida, con su respectivo proceso de nivelado (ver Figura A3-19 y Figura A3-20, Apéndice A-3); finalmente, se aplicó una capa de mortero sobre la última hilada, aportando así, mayor seguridad en el momento del transporte y montaje de los muretes para los ensayos (ver Figura A3-21, Apéndice A-3). En el caso de muretes con bloques huecos de arcilla, no se colocaba mortero en las juntas verticales entre bloques, debido a que usualmente no se coloca en la construcción (ver Figura A3-22, Apéndice A-3), contrario a los muretes de concreto, donde esto si se cumplía (ver Figura A3-23, Apéndice A-3). Adicionalmente, en el caso de las mitades de los bloques de concreto, se estableció colocar la cara cortada hacia el interior del murete.

Durante la segunda etapa se ejecutó el friso en los muretes que así lo requerían, siguiendo el mismo procedimiento aplicado en las pilas (ver Figura A3-24 y Figura A3-25, Apéndice A-3).

Se debe mencionar, que en los muretes de concreto fue necesario aplicar un friso base por medio de la técnica del salpicado (ver Figura A3-26, Apéndice A-3), con la finalidad de favorecer la adherencia bloque-mortero.

Luego las dos primeras etapas, se pintaron los muretes con una mezcla de cal hidratada con agua (ver Figura A3-27, Apéndice A-3), para así garantizar la observación de las grietas en los especímenes, producto de los ensayos. La cantidad estimada de cal hidratada para pintar los especímenes, se presenta en el Apéndice B de este trabajo.

Los muretes y las pilas, durante su proceso de construcción, frisado, pintado y mientras se esperaban los 28 días para ser ensayados (recomendados por Gallegos, 1989), se dejaron almacenadas en la planta baja de la Nave de Ensayos Físicos del IMME, en el mismo lugar donde se construyeron (ver Figura A4-1 a la Figura A4-4, Apéndice A-4).

### **3.4. ELABORACIÓN DE PROBETAS CÚBICAS**

Durante la construcción de las pilas y los muretes y la ejecución del friso, se tomaron once muestras, algunas al inicio de la jornada, otras a media jornada y otras al final del día; obteniendo un total de sesenta y seis probetas cúbicas (ver Figura A5-1, Apéndice A-5).

Para dar forma a las probetas cúbicas, se utilizaron cuatro moldes impermeables de acero, de tres compartimientos cada uno y dimensiones de 5.08 cm por arista (ver Figura A5-2, Apéndice A-5).

Se cubrieron las caras interiores de los moldes con una capa delgada de grasa liviana, luego se colocaron dos capas de mortero en cada compartimiento, compactando cada una con un compactador de madera, impermeabilizado con parafina, luego se enrasó y se dejaron por 24 horas las probetas en sus respectivos moldes (ver Figura A5-3, Apéndice A-5). Transcurrido este tiempo se

desmoldaron las probetas y se colocaron en un cuñete lleno de agua para el proceso de curado, durante 28 días (ver Figura A5-4, Apéndice A-5).

### **3.5. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES**

Finalizadas las etapas anteriores, se procedió a identificar cada uno de los especímenes a ensayar con una nomenclatura que los identificara, diferenciara y permitiera mantener un orden en los ensayos y anotaciones de los resultados. Seguidamente, se determinaron las dimensiones y el peso de cada uno de los especímenes, elaborando una respectiva base de datos.

#### **3.5.1. Bloques**

Se identificaron de acuerdo a una nomenclatura dada por letras y números. Las letras representan el tipo de espécimen y el material; los números, que van del uno al cinco, representan el número del espécimen. Como ejemplo tenemos el espécimen BC-1 (ver Figura A6-1, Apéndice A-6), que identifica el primer espécimen (1) del Bloque de Concreto (BC).

Con los bloques ya identificados, se tomaron las dimensiones en centímetros, del largo, ancho y alto del bloque, utilizando un vernier con apreciación de 0.05 mm (ver Figura A6-2, Apéndice A-6) para así determinar el área bruta respectiva. Adicionalmente, en los bloques huecos de arcilla se tomaron las dimensiones del tabique exterior e interior y en los bloques de concreto, las dimensiones del espesor de la pared y el nervio; seguidamente se pesaron, en kilogramos, en una balanza mecánica con apreciación de 0.1 kgf, denominada *Romana portátil de plataforma* (ver Figura A6-3, Apéndice A-6). Para este tipo de especímenes se determinó el área nominal, necesaria para el cálculo de las resistencias a la compresión; esta área está dada por la multiplicación del ancho y largo nominal (en el caso de los bloques huecos de arcilla, 15 cm x 30 cm y en el caso de los bloques de concreto, 15 cm x 40 cm). Todos estos valores se presentan en la Tabla IV-4 y en la Tabla IV-5, Capítulo IV.

### **3.5.2. Pilas y Muretes**

Las pilas y los muretes se identificaron de acuerdo a una nomenclatura dada por letras y números. Las letras representan el tipo de espécimen, el material y la existencia o no del friso. Existen dos tipos de identificación por números, unos que representan el espesor del friso y otros, que van del uno al cinco, representan el número del espécimen.

Para las pilas, como primer ejemplo, tenemos el espécimen PA-SF-1 (ver Figura A6-4, Apéndice A-6), que identifica el primer espécimen (1) de la Pila construida con bloques huecos de arcilla (PA), Sin Friso (SF). Otro ejemplo sería el espécimen PC-e2-1 (ver Figura A6-5, Apéndice A-6), que identifica al primer espécimen (1) de la Pila construida con bloques de Concreto (PC), con friso de 2 centímetros de espesor (e2).

Para los muretes, como primer ejemplo, tenemos el espécimen MC-SF-1 (ver Figura A6-6, Apéndice A-6), que identifica el primer espécimen (1) del Murete con bloques de Concreto (MC), Sin Friso (SF). Otro ejemplo sería el espécimen MA-e1-1 (ver Figura A6-7, Apéndice A-6), que identifica el primer espécimen (1) del Murete con bloques huecos de Arcilla (MA), con friso de 1 centímetro de espesor (e1).

Con las pilas y los muretes ya identificados, se tomaron las dimensiones, en centímetros, de largo, ancho y alto, utilizando una cinta métrica con apreciación de 0.1 cm (ver Figura A6-2, Apéndice A-6); seguidamente se pesaron, en kilogramos, en una balanza mecánica con apreciación de 0.1 kgf, denominada *Romana portátil de plataforma* (ver Figura A6-3, Apéndice A-6); finalmente, se determinó el peso por metro cuadrado de cada uno de estos especímenes. Todos esos datos se presentan en el Capítulo IV, de la Tabla IV-6 a la Tabla IV-17.

### **3.5.3. Probetas cúbicas**

Una vez que se sacaban las probetas de los moldes y antes del proceso de curado, se identificaron cada una de ellas de acuerdo a una nomenclatura dada por números que van del uno al once y letras que van de A a la F. Como ejemplo tenemos la probeta cúbica 11-C (ver Figura A6-8, Apéndice A-6), donde el

número representa el orden de la muestra y la letra identifica la tercera probeta de esta muestra.

Con las probetas ya identificadas y luego del proceso de curado, se tomaron las dimensiones, en centímetros, de los lados de la cara a la que posteriormente se le aplicaría la carga en el ensayo de compresión simple (identificados como Lado 1 y Lado 2), utilizando un vernier con apreciación de 0.01 mm (ver Figura A6-2, Apéndice A-6); seguidamente, las probetas se pesaron, en gramos, en una balanza mecánica con apreciación de 0.1 gf (ver Figura A6-9, Apéndice A-6). Todos esos datos se presentan en la Tabla IV-18, Capítulo IV.

### **3.6. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES PARA SER ENSAYADOS**

Se hicieron los “capping” necesarios a los bloques y a las pilas, para los ensayos de compresión simple, en las caras de contacto con la máquina de ensayo y siguiendo los pasos que a continuación se mencionan:

- Se elaboró una mezcla de yeso en polvo con agua de manera que se pudiese alcanzar una consistencia líquida (ver Figura A7-1, Apéndice A-7).
- Sobre la mesa de trabajo, previamente aceitada, se colocó una cantidad suficiente de mezcla para así disponer el espécimen sobre ella (ver Figura A7-2, Apéndice A-7).
- Se realizó el proceso de nivelación por el plano vertical del espécimen, a través de la colocación de un nivel de burbuja en las caras verticales (ver Figura A7-3, Apéndice A-7).
- Se esperaron 30 minutos para efectuar el volteo del espécimen y aplicarle el “capping” en la cara opuesta, nivelando esta vez en el plano horizontal, colocando el nivel de burbuja encima del “capping” ya existente (ver Figura A7-4, Apéndice A-6).

Finalmente, los especímenes se dejaron almacenados donde se realizó el capping, ubicadas en la planta baja de la Nave de Ensayos Físicos del IMME (ver Figura A7-5, Apéndice A-6), esperando para ser ensayadas.

La cantidad estimada de yeso en polvo, para realizar el capping de los especímenes, se presenta en el Apéndice B de este trabajo.

### 3.7. REALIZACIÓN DE ENSAYOS

Los ensayos se realizaron en dos de las Prensas Universales, marca Baldwin, ubicadas en la planta baja de la Nave de Ensayos Físicos del IMME (ver Figura A8-1, Apéndice A-8).

Se realizaron dos tipos de ensayos, el de Compresión Simple a los bloques, pilas y probetas cúbicas, y el de Compresión Diagonal a los muretes.

#### 3.7.1. Ensayos de Compresión Simple

En este tipo de ensayos se aplica una carga al espécimen, a una determinada velocidad constante hasta llegar a la rotura. La finalidad de estos ensayos está en obtener la carga de rotura, para así calcular la resistencia a compresión de los especímenes estudiados.

**Bloques y Pilas:** Para la realización de las pruebas se utilizó la Prensa Baldwin, con una capacidad de 200 toneladas (ver Figura A8-2, Apéndice A-8), fijándose en ella la escala media (Carga Máxima de 50000 kgf) y una velocidad de carga de 4000 kgf/min. A la prensa se le adaptó una plancha rígida rectangular rotulada (ver Figura A8-3, Apéndice A-8). El ensayo en pilas se realizaba de acuerdo a lo señalado en el punto 2.4.1. del Capítulo II

El procedimiento para efectuar los ensayos, consistía en primera instancia, en montar los especímenes en la plataforma de la prensa, de manera que la carga se aplicara en la misma dirección en que los pesos propios actuarían sobre ellos en la construcción. Las pilas se transportaban de manera vertical hasta la plataforma de la prensa, para evitar la tracción en las juntas. Luego se procedió a centrar los especímenes en la plataforma (ver Figura A8-4, Apéndice A-8); seguidamente, se le aplicaba una precarga de 200 kgf, para garantizar que la plancha estuviese completamente en contacto con toda la superficie del "capping" (ver Figura A8-5 y Figura A8-6, Apéndice A-8). Finalmente, se procedió a aplicar la carga a la velocidad constante ya definida, hasta llegar a la rotura. Los resultados obtenidos de estos ensayos se presentan en el Capítulo IV, de la Tabla IV-19 a la Tabla IV-26 y del Gráfico IV-3 al Gráfico IV-6.

Los ensayos de los bloques de concreto y de arcilla, se realizaron siguiendo lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 42-82: "*Bloques de Huecos de*

Concreto” y Norma Venezolana COVENIN 23-60: “*Productos de Arcilla. Método de Ensayo*”, respectivamente.

Los ensayos de las pilas con bloques de concreto y de arcilla, se efectuaron luego de cumplir 28 días de la fabricación de los especímenes (recomendados por Gallegos, 1989) y se realizaron de acuerdo a investigaciones realizadas en el IMME (Castilla, 1998; Ruiz y Renda, 1987) y a las Normas Mexicanas: “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*” (2004).

**Probetas Cúbicas:** Estos ensayos se efectuaron luego de cumplir 28 días de elaboradas. Para la realización de las pruebas se utilizó la Prensa Baldwin, con una capacidad de 30 toneladas (ver Figura A8-7, Apéndice A-8), fijándose en ella la escala media (Carga Máxima de 12000 kgf) y una velocidad de carga de 1000 kgf/min.

A la prensa se le adaptó una plancha rígida circular rotulada. Luego se montaron las probetas en la plataforma de la prensa y se procedió a centrarlas (ver Figura A8-8, Apéndice A-8). Seguidamente, se le aplicaba una precarga de 100 kgf, para garantizar que la plancha estuviese completamente en contacto con toda la superficie de la probeta. Finalmente, se procedió a aplicar la carga a la velocidad constante ya definida, hasta llegar a la rotura. Los resultados obtenidos de este ensayo se presentan en el Capítulo IV, de la Tabla IV-27 a la Tabla IV-38 y Gráfico IV-7.

El ensayo de las probetas cúbicas se realizó siguiendo lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 484-93: “*Cemento Portland. Determinación de la Resistencia a la Compresión de Morteros en Probetas Cúbicas de 50.8 mm de lado*”.

### **3.7.2. Ensayos de Compresión Diagonal**

En este tipo de ensayos, se aplica una carga a una determinada velocidad constante a lo largo de la diagonal del espécimen hasta llegar a la rotura, de acuerdo a lo señalado en el punto 2.4.2. del Capítulo II. Los especímenes ensayados fueron los muretes construidos con bloques huecos de arcilla y de concreto. La finalidad de estos ensayos está en obtener la carga de rotura, para

así calcular la resistencia al corte de los especímenes estudiados y se efectuaron luego de cumplir 28 días de la fabricación de los especímenes (recomendados por Gallegos, 1989).

Para la realización de las pruebas se utilizó la Prensa Baldwin, con una capacidad de 200 toneladas (ver Figura A8-2, Apéndice A-8), fijándose en ella la escala media (Carga Máxima de 50000 kgf) y una velocidad de carga de 4000 kgf/min, a excepción de los muretes con bloques huecos de arcilla sin friso, donde se fijó la escala baja (Carga Máxima de 10000 kgf) y una velocidad de carga de 2000 kgf/min.

A la prensa se le adaptó una plancha rígida rectangular rotulada y a ésta se le colocó un ángulo metálico de 90°, donde se apoyaron los extremos superiores de las diagonales de los muretes (ver Figura A8-9, Apéndice A-8).

A los muretes se les trazó una línea por la diagonal donde se aplicaría la carga. Seguidamente, se trasladaron con la Grúa de la Nave de Ensayos Físicos del IMME a la balanza mecánica con una apreciación de 0.1 kgf, denominada *Romana portátil de plataforma* para ser pesados, en kilogramos (ver Figura A8-10, Apéndice A-8). Todos esos datos se presentan en el Capítulo IV, de la Tabla IV-12 a la Tabla IV-17. Luego, con ayuda de la Grúa se colocaban los muretes en el ángulo metálico de 90°, donde se apoyó el extremo inferior de cada murete (ver Figura A8-11, Apéndice A-8), para finalmente levantarlos y apoyarlos en la plataforma de la prensa (ver Figura A8-12, Apéndice A-8).

Una vez colocados los muretes en la plataforma de la prensa, se procedió a centrarlos (ver Figura A8-13, Apéndice A-8). Entre los ángulos y los muretes se colocaron unos apoyos realizados con una mezcla de yeso y agua, envueltos en papel periódico (ver Figura A8-14, Apéndice A-8), para lograr que la carga aplicada se distribuyera uniformemente en la superficie de contacto (ver Figura A8-15 y Figura A8-16, Apéndice A-8). Durante la colocación de los apoyos de yeso, los muretes se nivelaban verticalmente (ver Figura A8-17, Apéndice A-8). Seguidamente, se le aplicaba una precarga de 200 kgf, para garantizar que los ángulos estuviesen completamente en contacto con el apoyo de yeso del murete. Finalmente, se procedió a aplicar la carga a la velocidad constante ya definida, hasta llegar a la rotura.

Es importante señalar que alrededor de todos los muretes ensayados, se realizó un amarre de seguridad, para evitar la posible caída repentina de partes del murete al llegar a la rotura. Este amarre se realizaba con una cuerda (como se aprecia en la Figura A8-17, Apéndice A-8) y se tomaba la precaución de no tensionar la cuerda, de manera de no influir en los resultados de los ensayos.

Los resultados obtenidos de este ensayo se presentaron en el Capítulo IV, de la Tabla IV-39 a la Tabla IV-44, Gráfico IV-8 y Gráfico IV-9.

Los ensayos de los muretes con bloques de concreto y de arcilla, se realizaron de acuerdo a la investigación realizada por Castilla (1998) y a las Normas Mexicanas: "*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*" (2004).

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

Debido a la naturaleza experimental del presente trabajo, el análisis de los resultados, se fundamenta en la información que aportan las tablas de valores y los registros fotográficos que en este capítulo se presentan, recolectados en el desarrollo de cada etapa descrita en el Capítulo III.

#### **4.1. GRANULOMETRÍA DE LAS ARENAS**

Es importante destacar que este análisis granulométrico de las arenas utilizadas, se realizó sólo con fines comparativos, debido a que este trabajo no contempla el estudio de paredes de mampostería con funcionamiento estructural sino con fines de cerramiento.

En la Tabla IV-1 se presentan los resultados del tamizado de las arenas utilizadas, para realizar el análisis de la composición granulométrica. En la primera columna se presenta el número del tamiz utilizado, en la segunda y tercera columna, el retenido en gramos para cada muestra y en las dos columnas que siguen, el porcentaje de retenido correspondiente.

La Tabla IV-2 y el Gráfico IV-1 expresan los porcentajes de pasante en cada tamiz de las muestras analizadas y los límites en la granulometría de la arena de la Norma Venezolana COVENIN 277:2000: *"Concreto. Agregados. Requisitos"*. Esta norma es la que se aplica para realizar el análisis granulométrico de los agregados finos, en Venezuela.

La Tabla IV-3 y el Gráfico IV-2 expresan los porcentajes de pasante en cada tamiz de las muestras analizadas y los límites en la granulometría de la arena de la Norma Colombiana NTC 2240: *"Agregados usados en Morteros de*

*Mampostería*". Esto se realizó con el fin de comparar las granulometrías obtenidas con los requisitos mínimos establecidos en ella, en vista de que en Venezuela no existe normativa para los agregados utilizados en morteros de mampostería.

Es importante señalar que los límites para la granulometría de la arena de la Norma COVENIN 277:2000, relacionada con los agregados finos para concreto y la Norma NTC 2240, relacionada con los agregados en morteros de mampostería, no son coincidentes, siendo más amplios los correspondientes a la Norma COVENIN. Esto se observa en las tablas y gráficos anteriormente mencionados (Tabla IV-2, Tabla IV-3, Gráfico IV-1 y Gráfico IV-2).

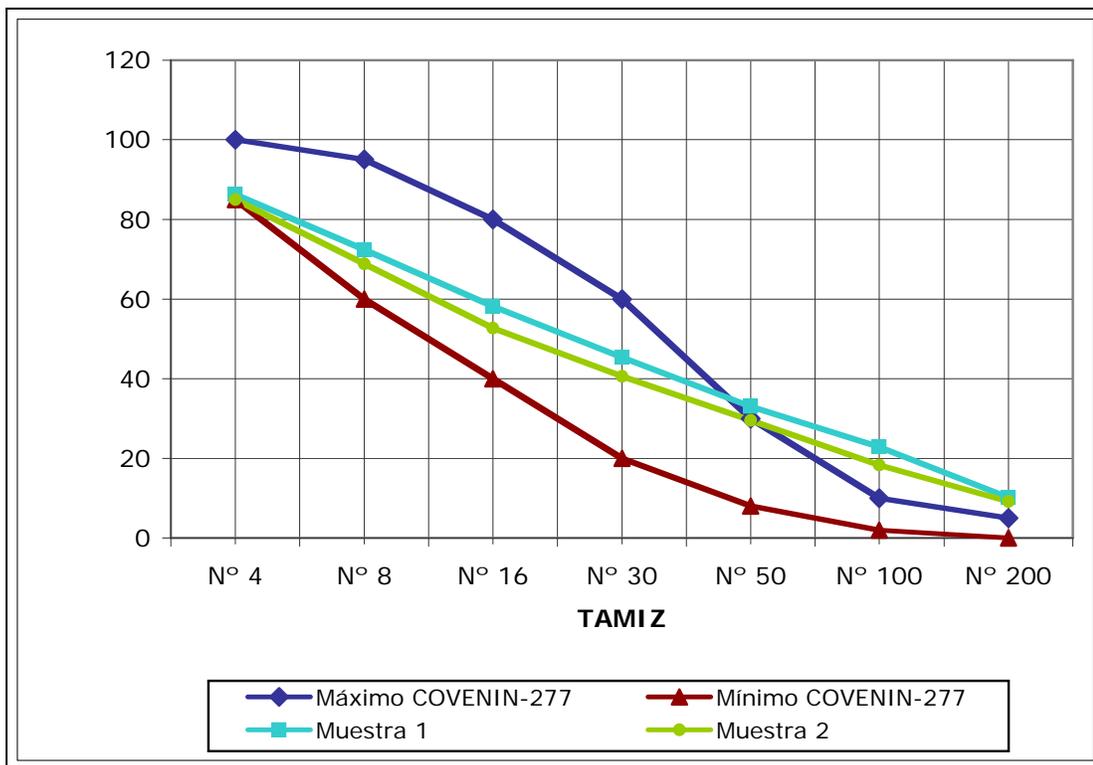
A continuación se presentan las tablas y gráficos mencionados en los párrafos anteriores (Tabla IV-1, Tabla IV-2, Tabla IV-3, Gráfico IV-1 y Gráfico IV-2). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en las tablas, se encuentran en el Apéndice C.

**Tabla IV-1**  
*Resultados del Tamizado*

Tamiz	Retenido (gf)		% Retenido (en peso)	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
Nº 4	68.8	75.2	13.8	15.0
Nº 8	69.2	80.5	13.8	16.1
Nº 16	71.0	80.4	14.2	16.1
Nº 30	63.9	60.5	12.8	12.1
Nº 50	62.0	55.9	12.4	11.2
Nº 100	50.6	55.6	10.1	11.1
Nº 200	63.5	45.8	12.7	9.2
p200	50.7	45.9	10.1	9.2
Σ	499.7	499.8	100.0	100.0

**Tabla IV-2**  
*Análisis de la composición granulométrica con los requisitos mínimos de la Norma COVENIN 277:2000, del agregado fino para concreto*

Tamiz	% Pasante (en peso)			
	Muestra 1	Muestra 2	Norma COVENIN 277:2000	
			Máximo	Mínimo
Nº 4	86.2	85.0	100	85
Nº 8	72.4	68.8	95	60
Nº 16	58.2	52.8	80	40
Nº 30	45.4	40.7	60	20
Nº 50	33.0	29.5	30	8
Nº 100	22.9	18.3	10	2
Nº 200	10.1	9.2	5	0

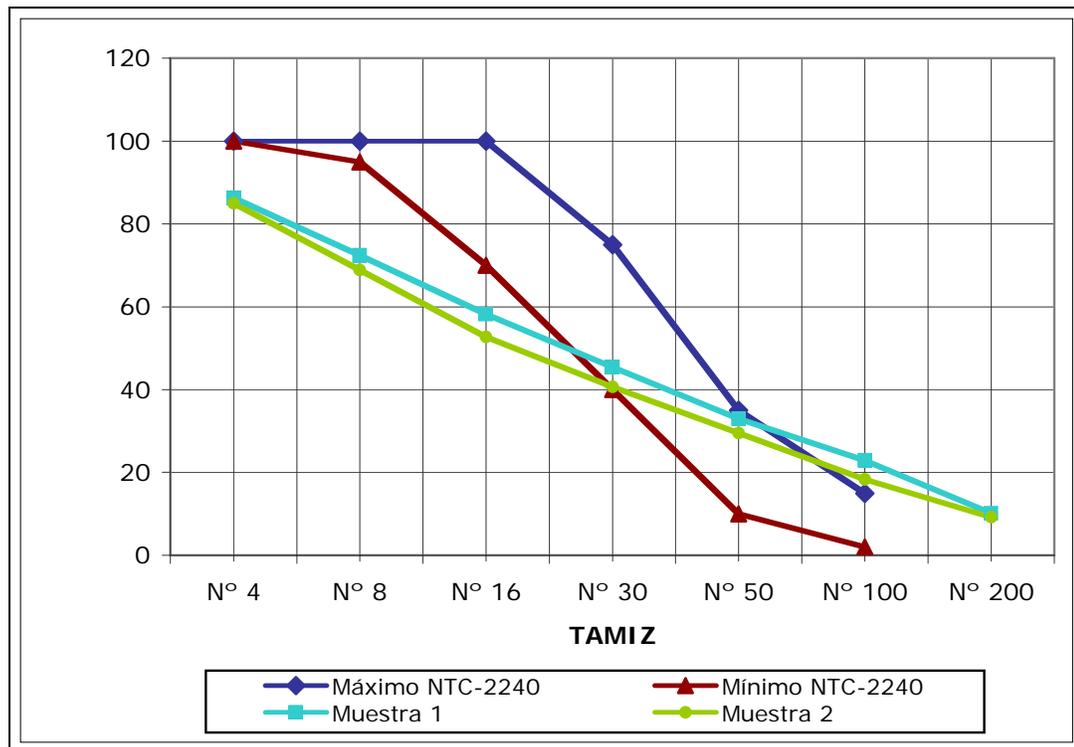


**Gráfico IV-1.** *Análisis de la composición granulométrica de las Arenas de acuerdo a la Norma COVENIN 277:2000*

**Tabla IV-3**

*Análisis de la composición granulométrica con los requisitos mínimos de la Norma NTC-2240, de la arena usada en morteros de mampostería*

Tamiz	% Pasante (en peso)			
	Muestra 1	Muestra 2	Norma NTC-2240	
			Máximo	Mínimo
Nº 4	86.2	85.0	100	100
Nº 8	72.4	68.8	100	95
Nº 16	58.2	52.8	100	70
Nº 30	45.4	40.7	75	40
Nº 50	33.0	29.5	35	10
Nº 100	22.9	18.3	15	2
Nº 200	10.1	9.2	-	-



**Gráfico IV-2.** *Análisis de la composición granulométrica de las Arenas de acuerdo a la NTC-2240*

Gráficamente se puede apreciar para las arenas utilizadas, que la unión entre porcentajes de pasantes se asemeja a una línea de pendiente aproximadamente constante como consecuencia de que la cantidad de retenido en cada tamiz era similar; esto define una distribución granulométrica uniforme de las arenas estudiadas.

De la Tabla IV-2 y la Tabla IV-3, se puede decir que el tamaño máximo de las arenas utilizadas es mayor a 4.76 mm, debido a que el porcentaje de pasante en el tamiz N° 4, es menor al 95% y este tamiz fue el de mayor abertura utilizado. En las tablas anteriormente mencionadas, también se observa, que en el caso de la Norma COVENIN 277:2000, el tamaño máximo es de 4.76 mm (correspondiente a la abertura del tamiz N° 4) y en el caso de la Norma NTC 2240, el tamaño máximo es de 2.38 mm (correspondiente a la abertura del tamiz N° 8).

Del análisis precedente y del Gráfico IV-1 y Gráfico IV-2, se puede decir que las arenas utilizadas superaron el tamaño máximo permitido.

En el Gráfico IV-1 y el Gráfico IV-2, se puede observar una mayor cantidad de partículas finas, debido a que el porcentaje de pasantes de los tamices N° 100 y N° 200 son superiores a los límites granulométricos establecidos por la Norma COVENIN 277:2000 y la Norma NTC 2240. Este exceso de finos disminuye la fluidez, por lo que generalmente será necesario aumentar la cantidad de agua, lo que origina una mayor retracción por secado.

Finalmente, estas distribuciones granulométricas se ajustaron para la Norma COVENIN 277:2000 entre los tamices N° 4 y el N° 50; mientras que en la Norma NTC 2240, sólo se ajusta entre los tamices N° 30 y N° 50.

## **4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES**

En la Tabla IV-4 y la Tabla IV-5, presentadas en los puntos 4.2.1. y 4.2.2., respectivamente, se muestran las características de los bloques, en donde, en la primera columna se coloca el nombre del espécimen y en las tres columnas que siguen, sus correspondientes dimensiones de ancho, largo y alto. Luego se presentan, en el caso de los bloques huecos de arcilla, las dimensiones de los

tabiques exteriores e interiores y en el caso de los bloques de concreto, las dimensiones de las paredes y nervios. Estas características permitieron calcular el área bruta de cada espécimen y sus valores están presentados también en las siguientes tablas. En la última columna, se muestran los pesos de cada espécimen ensayado. Finalmente, los valores de las áreas nominales y los valores promedio de las áreas brutas se presentan en las dos últimas filas de las mencionadas tablas.

Los cálculos necesarios para obtener las áreas brutas y áreas netas, se encuentran en el Apéndice C de este trabajo. Las áreas nominales están dadas en el caso de los bloques huecos de arcilla, de 15 cm x 30 cm y en el caso de los bloques de concreto, de 15 cm x 40 cm.

#### 4.2.1. Características de los Bloques huecos de arcilla

Las medidas realizadas a los tabiques (presentadas en la Tabla IV-4), se compararon con los requisitos mínimos establecidos en la Norma Venezolana COVENIN 2-78, la cual establece que el espesor mínimo de los tabiques interiores del bloque deberá ser de 0.6 cm y de los tabiques exteriores de 0.8 cm. Como se aprecia en la Tabla IV-4, todas las medidas de tabiques cumplen con lo anteriormente mencionado.

**Tabla IV-4**  
*Características de Bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Tabique Exterior (cm)	Tabique Interior (cm)	Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Peso (kgf)
BA - 1	14.2	30.2	19.3	0.865	0.665	428.8	5.0
BA - 2	14.3	30.0	19.2	0.860	0.690	429.0	5.1
BA - 3	14.5	30.3	19.3	0.855	0.670	439.4	5.1
BA - 4	14.4	30.4	19.3	0.865	0.705	437.8	5.1
BA - 5	14.3	30.0	19.4	0.860	0.685	429.0	5.1
<b>Área Nominal</b>						= 450 cm <sup>2</sup>	
<b>Área Bruta promedio</b>						= 432.6 cm <sup>2</sup>	

#### 4.2.2. Características de los Bloques de concreto

Los bloques de concreto utilizados tienen la denominación ordinaria en centímetros de 15, según lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 42-82. Las medidas realizadas a los nervios y paredes (presentadas en la Tabla IV-5), se compararon con los requisitos mínimos establecidos en esta norma, la cual establece que el espesor mínimo de pared y de nervios, para este tipo de bloques es de 1.5 cm (Tipo B, denominación ordinaria de 15). Como se aprecia en la tabla anterior, los espesores de pared y nervios cumplen con los requerimientos.

**Tabla IV-5**  
*Características de Bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor Pared (cm)	Espesor Nervio (cm)	Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Peso (kgf)
BC - 1	14.3	39.5	19.2	2.350	2.095	566.8	5.5
BC - 2	14.3	39.5	19.4	2.270	2.080	564.7	7.7
BC - 3	14.2	39.4	19.5	2.360	2.170	560.3	6.6
BC - 4	14.3	39.5	19.7	2.290	2.150	563.9	6.7
BC - 5	14.3	39.3	18.8	2.395	2.145	563.7	5.9
<b>Área nominal</b>						= 600 cm <sup>2</sup>	
<b>Área Bruta promedio</b>						= 563.9 cm <sup>2</sup>	

#### 4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS PILAS Y MURETES

Las características de estos especímenes se presentan de la Tabla IV-6 a la Tabla IV-11, para el caso de las pilas, y de la Tabla IV-12 a la Tabla IV-17, para el caso de los muretes. En la primera columna se coloca el nombre del espécimen y en las tres columnas que siguen, sus correspondientes dimensiones de ancho, largo y alto. Para los especímenes con friso, se adiciona una columna indicando el espesor del friso correspondiente, luego de las dimensiones anteriormente

mencionadas. Luego se presentan los pesos de cada espécimen ensayado, los cuales permitieron calcular los correspondientes pesos por metro cuadrado y sus promedios por tipo de espécimen (cuyos cálculos se presentan en el Apéndice C de este trabajo), presentados también en las últimas columnas de las tablas.

De la Tabla IV-6 a la Tabla IV-17, presentadas a continuación, se pueden evidenciar, variaciones de milímetros en los espesores de friso establecidos para el presente trabajo (1 cm y 2 cm). Este hecho se puede atribuir a que el mecanismo para fijar los espesores de friso (descrito en el Capítulo III), se tornara inestable al momento que los albañiles aplicaban, con un salpique energético, el mortero inicial para friso.

Adicionalmente, se observaron que las caras frisadas de los bloques huecos de arcilla, eran irregulares (como se aprecia en la Figura IV-1); esto contribuyó a las variaciones en el espesor del friso, a lo largo de la superficie frisada.



**Figura IV-1.** *Caras irregulares en Bloques huecos de arcilla*  
Fuente: Las Autoras

### Características de las Pilas construidas con bloques huecos de arcilla

**Tabla IV-6**

*Características de Pilas sin frisar, construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PA-SF - 1	14.2	30.3	62.5	18.7	98.8	99.2
PA-SF - 2	14.6	30.1	62.1	18.6	99.7	
PA-SF - 3	14.1	30.5	62.9	18.8	98.1	
PA-SF - 4	14.6	30.1	62.1	18.7	100.0	
PA-SF - 5	14.4	30.3	62.1	18.7	99.5	

**Tabla IV-7**

*Características de Pilas con friso de 1 cm, construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PA-e1 - 1	17.4	30.7	62.0	1.0	28.6	150.5	144.2
PA-e1 - 2	16.9	30.6	61.7	1.0	27.5	145.8	
PA-e1 - 3	16.3	31.0	61.5	0.9	26.0	136.7	
PA-e1 - 4	17.3	31.1	61.4	1.2	28.5	149.5	
PA-e1 - 5	16.9	31.1	61.8	1.1	26.6	138.7	

**Tabla IV-8**

*Características de Pilas con friso de 2 cm, construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PA-e2 - 1	19.4	30.0	61.6	2.3	33.9	183.4	177.7
PA-e2 - 2	18.8	30.9	61.7	2.2	33.6	176.4	
PA-e2 - 3	18.9	31.4	61.6	2.4	34.2	177.1	
PA-e2 - 4	19.0	31.3	61.6	2.3	33.4	173.6	
PA-e2 - 5	19.0	30.6	62.0	2.3	33.7	178.1	

### Características de las Pilas construidas con bloques de concreto

**Tabla IV-9**

*Características de Pilas sin frisar, construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PC-SF - 1	14.2	39.3	61.1	23.9	99.7	104.2
PC-SF - 2	14.2	39.1	61.6	25.5	106.0	
PC-SF - 3	14.2	39.2	62.1	24.7	101.5	
PC-SF - 4	14.2	39.4	62.0	27.0	110.5	
PC-SF - 5	14.3	39.2	60.9	24.6	103.1	

**Tabla IV-10**

*Características de Pilas con friso de 1 cm, construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PC-e1 - 1	16.9	39.9	60.2	1.2	34.2	142.4	145.8
PC-e1 - 2	16.3	39.9	61.0	1.2	34.3	141.1	
PC-e1 - 3	16.7	39.8	60.3	1.1	35.1	146.6	
PC-e1 - 4	16.8	40.5	60.0	1.1	35.3	145.4	
PC-e1 - 5	17.4	40.3	60.5	1.3	37.4	153.6	

**Tabla IV-11**

*Características de Pilas con friso de 2 cm, construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
PC-e2 - 1	18.4	40.1	61.1	2.2	44.7	182.7	174.7
PC-e2 - 2	18.4	40.1	60.6	2.1	40.8	168.0	
PC-e2 - 3	19.0	40.2	60.4	2.2	43.9	180.8	
PC-e2 - 4	18.7	39.4	60.2	2.1	42.3	178.6	
PC-e2 - 5	18.4	40.1	60.1	2.1	39.3	163.3	

### Características de los Muretes construidos con bloques huecos de arcilla

**Tabla IV-12**

*Características de Muretes sin frisar, construidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MA-SF - 1	14.3	122.6	126.4	158.8	102.5	105.5
MA-SF - 2	14.3	123.1	127.0	164.6	105.4	
MA-SF - 3	14.3	122.6	127.0	164.3	105.5	
MA-SF - 4	14.3	122.6	127.7	169.0	107.9	
MA-SF - 5	14.4	122.9	126.7	165.6	106.4	

**Tabla IV-13**

*Características de Muretes con friso de 1 cm, construidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MA-e1 - 1	17.3	124.0	123.9	1.3	231.2	150.5	158.4
MA-e1 - 2	17.1	124.3	125.0	1.4	242.7	156.3	
MA-e1 - 3	17.2	124.9	124.0	1.3	247.7	159.9	
MA-e1 - 4	17.2	124.3	124.3	1.3	253.4	164.1	
MA-e1 - 5	17.6	123.0	125.1	1.5	248.0	161.2	

**Tabla IV-14**

*Características de Muretes con friso de 2 cm, construidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MA-e2 - 1	19.2	123.0	124.0	2.3	275.9	180.9	176.1
MA-e2 - 2	18.8	123.4	124.1	2.2	262.9	171.7	
MA-e2 - 3	18.7	124.4	126.0	2.4	275.7	176.0	
MA-e2 - 4	18.4	123.8	124.2	2.3	272.2	177.1	
MA-e2 - 5	18.7	124.8	124.8	2.2	273.4	175.6	

### Características de los Muretes construidos con bloques de concreto

**Tabla IV-15**

*Características de Muretes sin frisar, construidos con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MC-SF - 1	14.2	101.3	101.8	118.6	115.1	122.8
MC-SF - 2	14.2	102.6	100.7	125.8	121.9	
MC-SF - 3	14.3	102.9	100.7	128.7	124.3	
MC-SF - 4	14.2	102.3	101.6	132.2	127.2	
MC-SF - 5	14.2	103.0	101.9	131.7	125.5	

**Tabla IV-16**

*Características de Muretes con friso de 1 cm, construidos con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MC-e1 - 1	17.2	102.4	103.4	1.4	192.7	182.0	180.3
MC-e1 - 2	17.0	102.1	102.0	1.4	199.5	191.7	
MC-e1 - 3	17.2	101.7	102.0	1.6	182.8	176.3	
MC-e1 - 4	16.9	101.5	101.4	1.6	178.6	173.5	
MC-e1 - 5	17.1	102.7	102.6	1.6	187.4	178.0	

**Tabla IV-17**

*Características de Muretes con friso de 2 cm, construidos con bloques de concreto*

Espécimen	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Espesor friso (cm)	Peso (kgf)	Peso por m <sup>2</sup> (kgf/m <sup>2</sup> )	Peso por m <sup>2</sup> promedio (kgf/m <sup>2</sup> )
MC-e2 - 1	19.1	103.6	100.9	2.2	217.1	207.9	198.5
MC-e2 - 2	19.0	101.8	101.5	2.5	206.5	199.9	
MC-e2 - 3	18.9	103.5	101.6	2.3	206.4	196.5	
MC-e2 - 4	18.9	103.5	102.3	2.3	206.1	194.7	
MC-e2 - 5	18.4	103.4	101.1	2.2	202.2	193.4	

Los pesos por metro cuadrado de las pilas (presentados de la Tabla IV-6 a la Tabla IV-11) fueron determinados con la finalidad de encontrar una relación entre el peso de las pilas y los muretes. En el caso de los especímenes construidos con bloques huecos de arcilla, se puede decir que el peso por metro cuadrado promedio obtenido para una pila, representará al de un murete construido con las mismas características (sin friso, con espesor de friso de 1 cm o con espesor de friso de 2 cm). En el caso de los especímenes construidos con bloques de concreto, se puede decir que el peso por metro cuadrado promedio obtenido para una pila, representa un 85% del de un murete construido con las mismas características (sin friso, con espesor de friso de 1 cm o con espesor de friso de 2 cm).

La principal razón de lo anteriormente expuesto se debe a que las pilas no poseen juntas verticales y los muretes con bloques huecos de arcilla se construyeron sin llenar las juntas verticales con mortero, mientras que en los muretes con bloques de concreto si se llenaban.

La Norma COVENIN 2002-88: "*Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones (Provisional)*" suministra los valores probables para pesos de tabiques y paredes de mampostería. En el caso de paredes con bloques huecos de arcilla de espesor 15 cm, se indica un peso de 170 kgf/m<sup>2</sup> para las que no están frisadas y de 230 kgf/m<sup>2</sup> para las frisadas por ambas caras. Comparando estos valores con los pesos por metro cuadrado promedio de los muretes (presentados de la Tabla IV-12 a la Tabla IV-17), se observa que los valores normativos son superiores a los aquí presentados. Es importante señalar, que la Norma COVENIN 2002-88 no especifica el espesor del friso, ni si los bloques de concreto son del tipo pesado, semipesado o liviano, o tipo de mortero considerado para pegar las unidades o la ejecución del friso.

#### **4.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS PROBETAS CÚBICAS**

En la Tabla IV-18, se muestran las características de las probetas cúbicas, en donde, en la primera columna se coloca el número de la muestra de mortero tomada, en la segunda columna, está el nombre de las características medidas

(dimensiones de lado 1, lado 2 y peso) y en las que siguen, los valores correspondientes a estas características para cada una de las seis probetas pertenecientes a cada muestra. Finalmente, los valores promedios de los lados y pesos, con su correspondiente coeficiente de variación, se presentan en las dos últimas filas de la mencionada tabla.

**Tabla IV-18**  
*Características de Probetas cúbicas*

Muestra	Característica	Probeta					
		A	B	C	D	E	F
1	Lado 1 (cm)	4.863	4.875	4.862	4.891	4.876	4.850
	Lado 2 (cm)	5.047	4.986	5.023	4.983	4.979	5.011
	Peso (gf)	240.7	242.1	235.4	236.5	237.2	234.2
2	Lado 1 (cm)	5.056	4.883	4.919	5.037	4.883	5.029
	Lado 2 (cm)	5.109	5.017	5.037	5.117	5.136	5.083
	Peso (gf)	256.0	244.0	243.6	259.3	246.0	257.6
3	Lado 1 (cm)	5.007	5.087	4.823	4.871	5.057	4.830
	Lado 2 (cm)	5.090	5.071	4.987	5.013	5.155	5.001
	Peso (gf)	253.2	261.0	236.5	235.7	260.0	240.3
4	Lado 1 (cm)	4.798	4.791	4.838	4.833	4.839	4.839
	Lado 2 (cm)	4.999	5.083	4.965	5.000	4.987	4.992
	Peso (gf)	240.8	243.6	242.2	241.9	241.3	240.5
5	Lado 1 (cm)	4.927	4.877	4.882	4.898	4.665	4.859
	Lado 2 (cm)	5.081	4.989	5.027	4.996	5.025	5.088
	Peso (gf)	248.8	244.2	243.3	242.6	245.1	244.9
6	Lado 1 (cm)	5.010	4.871	4.868	5.031	4.801	5.017
	Lado 2 (cm)	5.078	5.105	5.045	5.107	5.085	5.093
	Peso (gf)	247.8	245.0	242.7	262.3	241.3	239.4
7	Lado 1 (cm)	4.829	5.067	4.837	4.856	5.063	5.005
	Lado 2 (cm)	5.027	5.117	5.052	5.002	5.095	5.100
	Peso (gf)	240.0	261.6	242.7	241.6	257.6	255.9
8	Lado 1 (cm)	4.877	4.881	4.895	4.871	4.852	4.875
	Lado 2 (cm)	5.010	4.987	4.980	4.991	5.018	4.993
	Peso (gf)	247.0	241.2	244.2	238.9	239.0	240.1
9	Lado 1 (cm)	5.041	5.047	5.057	4.851	4.893	4.845
	Lado 2 (cm)	5.081	5.099	5.091	5.030	5.089	5.026
	Peso (gf)	252.4	258.9	255.7	238.4	241.8	239.6
10	Lado 1 (cm)	5.028	4.852	5.052	4.876	5.065	4.876
	Lado 2 (cm)	5.087	5.073	5.117	5.003	5.094	4.990
	Peso (gf)	260.7	239.9	259.9	241.8	257.1	240.1
11	Lado 1 (cm)	4.871	4.853	4.833	4.885	4.825	4.843
	Lado 2 (cm)	5.015	4.957	5.067	4.995	5.069	5.009
	Peso (gf)	237.8	235.8	237.6	233.4	237.2	235.2
<b>Lado</b>	<b>Lado promedio = 4.98 cm, cv = 2.01%</b>						
<b>Peso</b>	<b>Peso promedio = 245.0 gf, cv = 3.34%</b>						

Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en las tablas, se encuentran en el Apéndice C.

Se puede apreciar en la Tabla IV-18, una uniformidad de características tanto físicas como geométricas entre las probetas cúbicas, reflejada por los bajos coeficientes de variación correspondientes a los lados y pesos determinados; todo esto tomando como referencia que la Norma Venezolana COVENIN 3549:1999: *"Tecnología del Concreto. Manual de elementos de estadística y diseño de experimentos"*, especifica que el coeficiente de variación para las dimensiones de los lados refleja un excelente grado de control y el coeficiente de variación para los pesos lo califica como muy bueno.

Por otra parte, se debe destacar que la media obtenida de los lados (4.98 cm) es inferior en un milímetro, de lo establecido en la mencionada Norma Venezolana COVENIN 484-93: *"Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50.8 mm de lado"*.

#### **4.5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A BLOQUES HUECOS DE ARCILLA**

Luego de realizar los ensayos de compresión simple a bloques huecos de arcilla, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.1. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismos de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

##### **4.5.1. Análisis de las fallas observadas en los bloques huecos de arcilla**

En estos ensayos de compresión se observó que todos los bloques presentaron fallas de tracción indirecta, frágiles y repentinas, producidas por los esfuerzos de tracción que se generaban perpendiculares a la dirección de aplicación de la carga; esto ocasionó que los tabiques verticales fallaran.

A continuación se muestra el resultado final de los cinco bloques huecos de arcilla ensayados (ver de la Figura IV-2 a la Figura IV-6).



**Figura IV-2.** *Falla en BA - 1*



**Figura IV-3.** *Falla en BA - 2*



**Figura IV-4.** *Falla en BA - 3*



**Figura IV-5.** *Falla en BA - 4*



**Figura IV-6.** *Falla en BA - 5*

Fuente: Las Autoras

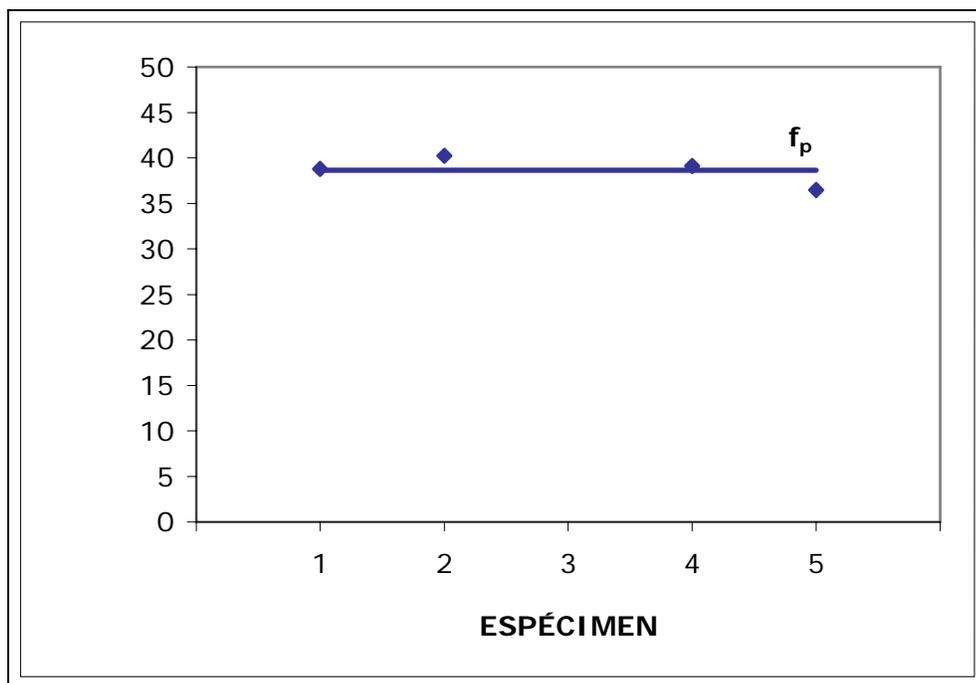
#### **4.5.2. Resultados y análisis de los ensayos en los bloques huecos de arcilla**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia a la compresión con respecto al área nominal (15 cm x 30 cm). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $f_p$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo ( $S$  y  $c_v$ ) (ver Tabla IV-19). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en la Tabla IV-19, se encuentran en el Apéndice C. Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-3) con las resistencias a la

compresión de cada bloque hueco de arcilla ensayado y su correspondiente resistencia a la compresión promedio ( $f_p$ ).

**Tabla IV-19**  
*Ensayos a Compresión Simple en Bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_p$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
BA - 1	17450	17388	38.78	38.64	1.59	4.11
BA - 2	18100		40.22			
BA - 3	3600		8.00			
BA - 4	17600		39.11			
BA - 5	16400		36.44			



**Gráfico IV-3.** *Resistencia a la Compresión en Bloques huecos de arcilla*

Para los cálculos estadísticos no se consideró el ensayo del bloque BA-3, debido a que éste falló a 3600 kgf; carga que representa sólo un 21% de los valores de carga máxima registrados para los demás bloques. Esta falla prematura puede ser producto de alguna debilidad del bloque por fisuras internas no perceptibles o por un mal cocido del bloque hueco de arcilla.

En la Tabla IV-19 se observa una resistencia a la compresión promedio para los bloques huecos de arcilla de  $38.64 \text{ kgf/cm}^2$  con un coeficiente de variación de 4.11%.

De acuerdo a los valores de resistencia obtenidos, se pudo confirmar que los bloques huecos de arcilla utilizados cumplen con los requisitos mínimos de resistencia para su clasificación como Tipo B ( $20 \text{ kgf/cm}^2$  para  $f_p$  y  $15 \text{ kgf/cm}^2$  para cada espécimen), según la Norma Venezolana COVENIN 2-78: "*Bloques Huecos de Arcilla para Paredes. Especificaciones*".

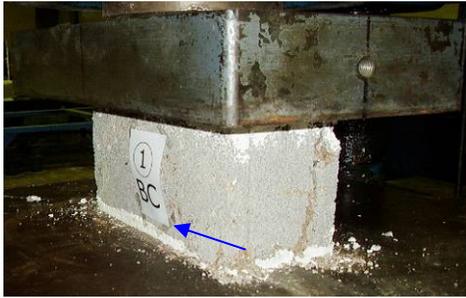
#### **4.6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A BLOQUES DE CONCRETO**

Luego de realizar los ensayos de compresión simple a bloques de concreto, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.1. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

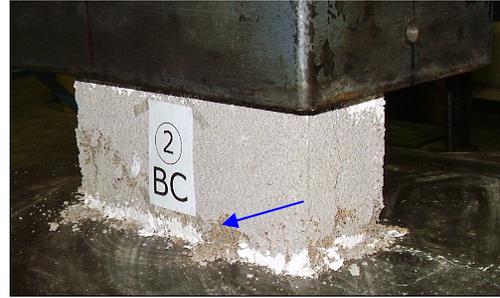
##### **4.6.1. Análisis de las fallas observadas en los bloques de concreto**

Según lo observado en estos ensayos, todos los bloques presentaron fallas de compresión horizontales por aplastamiento, en la zona central de las caras que poseían el lado más largo, seguidamente se aprecian grietas verticales cerca de las aristas. Estas fallas no fueron repentinas, sino que las grietas se iban desarrollando de manera paulatina, a medida que se aplicaba la carga hasta llegar a la rotura.

A continuación se muestra el resultado final de los cinco bloques de concreto ensayados (ver de la Figura IV-7 a la Figura IV-11).



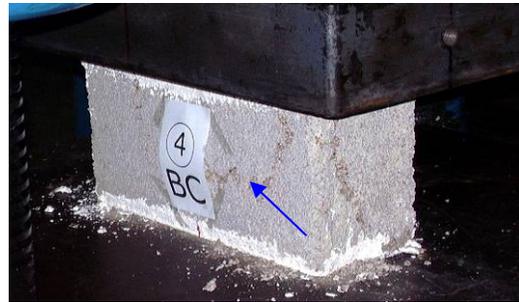
**Figura IV-7.** *Falla en BC - 1*



**Figura IV-8.** *Falla en BC - 2*



**Figura IV-9.** *Falla en BC - 3*



**Figura IV-10.** *Falla en BC - 4*



**Figura IV-11.** *Falla en BC - 5*

Fuente: Las Autoras

En las siguientes fotografías (Figura IV-12 y Figura IV-13), se observan los bloques de concreto luego de continuar los ensayos cuando alcanzaban la carga máxima, apreciándose que el agregado liviano (arcilla), como una de las materias primas de estos bloques, no poseía el color rojizo característico de la arcilla con un buen cocido, sino un color terroso que evidencia lo contrario y por lo tanto, una calidad deficiente del material.



**Figura IV-12.** *Bloque de concreto luego del agotamiento*



**Figura IV-13.** *Detalle del interior de los bloques de concreto*

Fuente: Las Autoras

#### **4.6.2. Resultados y análisis de los ensayos en los bloques de concreto**

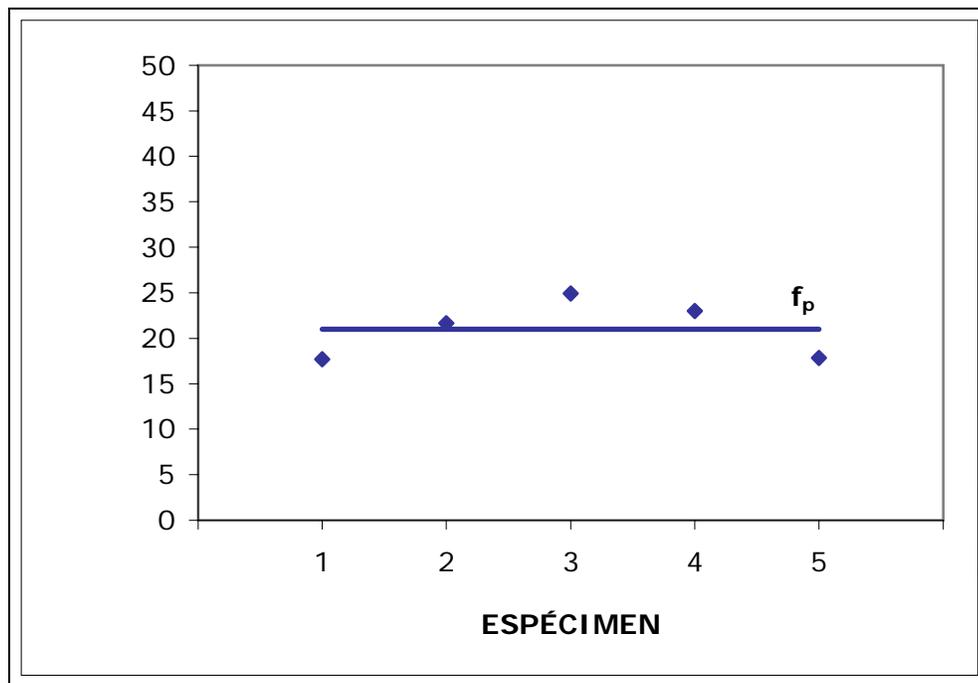
Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia a la compresión con respecto al área nominal (15 cm x 40 cm). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $f_p$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo ( $S$  y  $cv$ ) (ver Tabla IV-20). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en la Tabla IV-20, se encuentran en el Apéndice C. Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-4) con las resistencias a la compresión de cada bloque de concreto ensayado y su correspondiente resistencia a la compresión promedio ( $f_p$ ).

En la Tabla IV-20 se observa una resistencia a la compresión promedio para los bloques de concreto de  $21.02 \text{ kgf/cm}^2$  con un coeficiente de variación de 15.22%.

Los valores de resistencia obtenidos, se compararon con los requisitos mínimos de resistencia para bloques Tipo B ( $24 \text{ kgf/cm}^2$  para  $f_p$  y  $20 \text{ kgf/cm}^2$  para cada espécimen), de la Norma Venezolana COVENIN 42-82: "Bloques de Huecos de Concreto", esto evidencia la calidad deficiente de los bloques de concreto utilizados.

**Tabla IV-20**  
*Ensayos a Compresión Simple en Bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>p</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
BC - 1	10600	12610	17.67	21.02	3.20	15.22
BC - 2	13000		21.67			
BC - 3	14950		24.92			
BC - 4	13800		23.00			
BC - 5	10700		17.83			



**Gráfico IV-4.** *Resistencia a la Compresión en Bloques de concreto*

#### 4.7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A PILAS CONSTRUIDAS CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA

Luego de realizar los ensayos de compresión simple a pilas construidas con bloques huecos de arcilla, de acuerdo al procedimiento señalado en el

punto 3.7.1. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

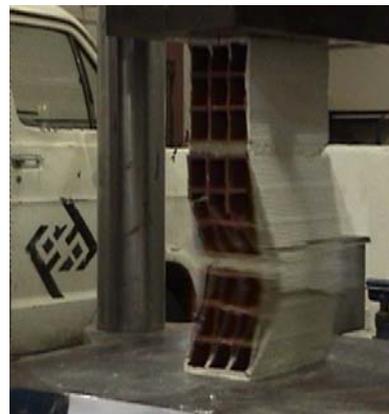
#### **4.7.1. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla, sin friso**

En estos ensayos se observó que todas las pilas sin friso, presentaron fallas por pandeo, producidas por los esfuerzos de tracción que se generaban perpendiculares a la dirección de aplicación de la carga; esto ocasionó que los tabiques verticales fallaran bruscamente. Las fallas eran frágiles y repentinas y ocurrían luego de escucharse ruidos crujientes.

De los ensayos de las cinco pilas con bloques huecos de arcilla, sin friso, se muestran a continuación las fotografías más ilustrativas del mecanismo de falla que presentaron algunas de ellas (Figura IV-14 y Figura IV-15), durante la explosión al alcanzar la rotura.



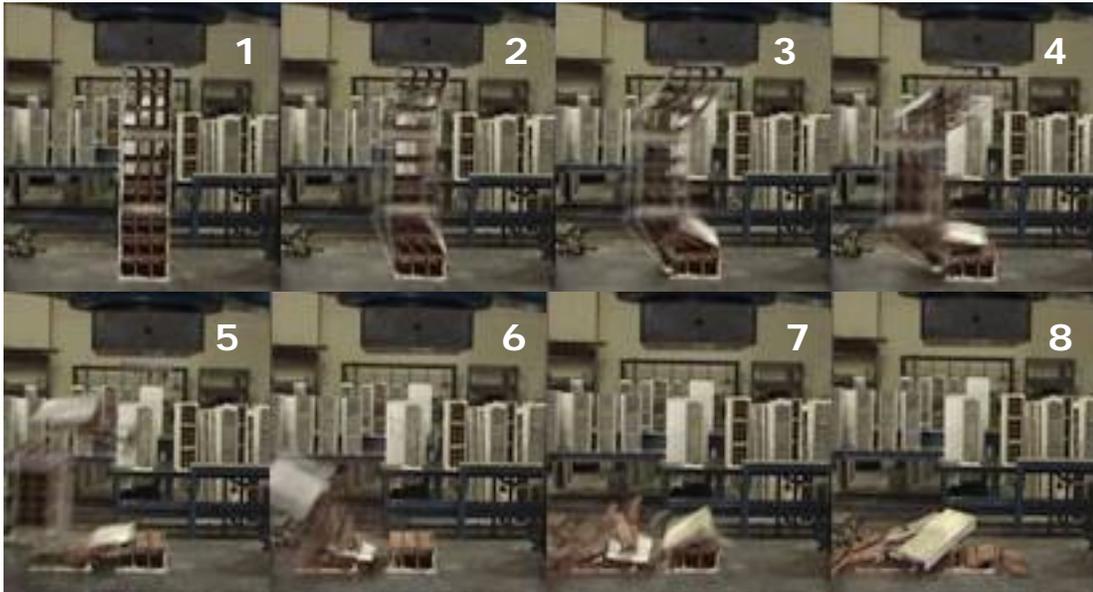
**Figura IV-14.** *Falla en PA-SF - 3*



**Figura IV-15.** *Falla en PA-SF - 4*

Fuente: Las Autoras

A continuación, a manera ilustrativa, se muestra una secuencia fotográfica enumerada, por cuadros, del mecanismo de falla presentado en la pila PA-SF-1 (Figura IV-16). Es importante acotar que el comportamiento de estas pilas es representativo de las pilas sin friso, construidas con bloques huecos de arcilla.



**Figura IV-16.** *Secuencia Fotográfica de la Falla en PA-SF -1*  
Fuente: Las Autoras

#### **4.7.2. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 y 2 cm**

En estos ensayos se observó que todas las pilas con bloques huecos de arcilla con friso, presentaron fallas por tracción indirecta, producidas por los esfuerzos de tracción que se generaban perpendiculares a la dirección de aplicación de la carga; esto ocasionó que el friso se separara de los tabiques exteriores (ver Figura IV-17) y por lo tanto, al quedar expuesto, fallara por pandeo y produjera las grietas externas que se aprecian en la Figura IV-18.

Las fallas eran frágiles y ocurrían luego de escucharse ruidos crujientes, al momento de alcanzar la carga máxima. Estas fallas no fueron tan repentinas como en el caso de las pilas sin friso, debido a que la presencia de éste retardaba la falla en los bloques.



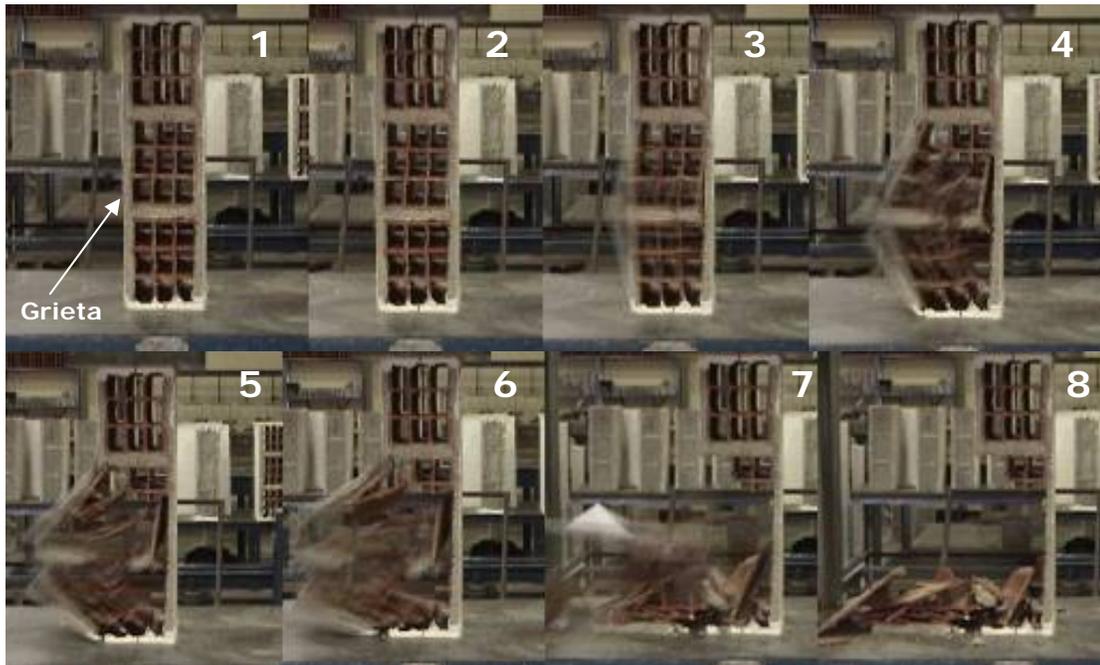
**Figura IV-17.** Fisura en la junta y desprendimiento del friso



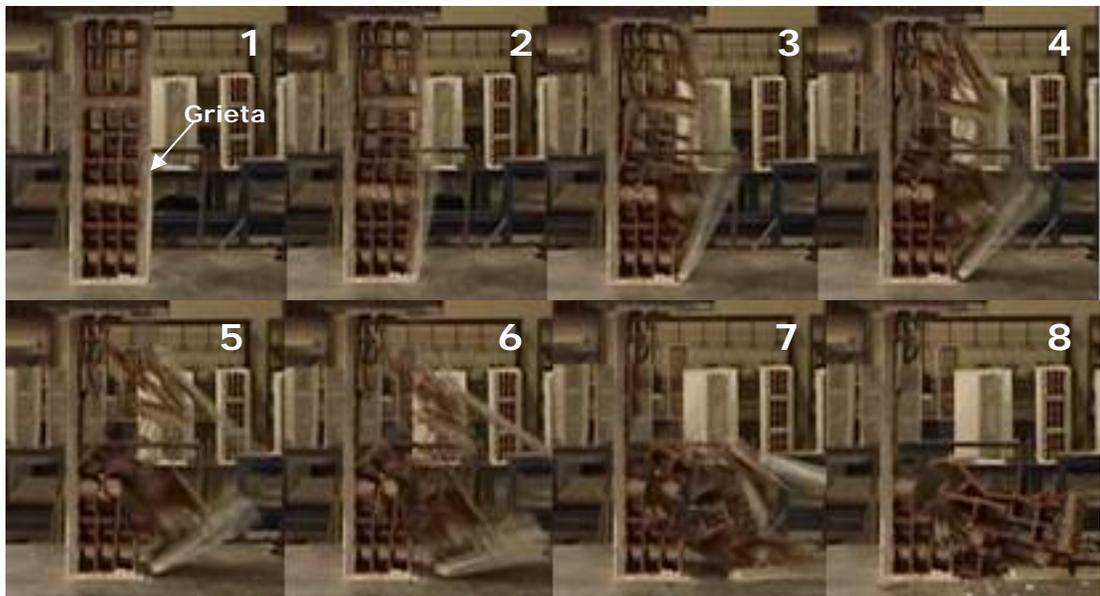
**Figura IV-18.** Grieta típica en friso

Fuente: Las Autoras

Después del agotamiento de las pilas, se continuaba el ensayo con el fin de observar el comportamiento que éstas tendrían. Para poder visualizarlo, se presenta a continuación una secuencia fotográfica enumerada, por cuadros, de las pilas PA-e1-1 y PA-e2-2 (Figura IV-19 y Figura IV-20); donde el primer cuadro, muestra la falla descrita anteriormente y los cuadros siguientes, ilustran el comportamiento de las pilas durante la explosión final. Es importante acotar que el comportamiento de estas pilas es representativo de las pilas con friso, construidas con bloques huecos de arcilla. La diferencia entre las de 1 cm de espesor y las de 2 cm, estaba en que para la explosión de las primeras, transcurría menos tiempo que para la explosión de las segundas.



**Figura IV-19.** *Secuencia fotográfica de la falla luego del agotamiento en PA-e1 -2*



**Figura IV-20.** *Secuencia fotográfica de la falla luego del agotamiento en PA-e2 -2*

Fuente: Las Autoras

#### **4.7.3. Resultados y análisis de los ensayos en las pilas construidas con bloques huecos de arcilla**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia a la compresión con respecto al área nominal (15 cm x 30 cm). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $f_m$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo ( $S$  y  $cv$ ) (ver de la Tabla IV-21 a la Tabla IV-23). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en estas tablas, se encuentran en el Apéndice C.

En la Tabla IV-21, correspondiente a las pilas con bloques huecos de arcilla, sin friso, se observa una resistencia a la compresión promedio de 18.36 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 15.23%. Para las pilas con bloques huecos de arcilla, con espesor de friso de 1 cm, se observa en la Tabla IV-22, una resistencia a la compresión promedio de 25.20 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 15.98%. En la Tabla IV-23, correspondiente a las pilas con espesor de 2 cm, se observa una resistencia a la compresión promedio de 32.40 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 7.18%.

En función de lo antes expuesto, al comparar los valores promedio de resistencia a la compresión ( $f_m$ ), se aprecia un incremento aproximado del 37% para las frisadas con un 1 cm y del 76% para las frisadas con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en las pilas sin friso. Las pilas con friso de 2 cm, reflejaron un incremento aproximado en la resistencia a la compresión del 29% con respecto a las de 1 cm de friso.

De las experiencias de los ensayos realizados en este trabajo, se obtuvo una relación del 48% entre la resistencia a la compresión de la mampostería,  $f_m$  (dada por los ensayos de las pilas con bloques huecos de arcilla sin friso, Tabla IV-21) y la resistencia a la compresión de los bloques huecos de arcilla,  $f_p$  (Tabla IV-19).

**Tabla IV-21**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas sin frisar,  
construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PA-SF - 1	9400	8260	20.89	18.36	2.80	15.23
PA-SF - 2	9850		21.89			
PA-SF - 3	7350		16.33			
PA-SF - 4	7450		16.56			
PA-SF - 5	7250		16.11			

**Tabla IV-22**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 1 cm,  
construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PA-e1 - 1	11750	11340	26.11	25.20	4.03	15.98
PA-e1 - 2	9450		21.00			
PA-e1 - 3	14000		31.11			
PA-e1 - 4	9850		21.89			
PA-e1 - 5	11650		25.89			

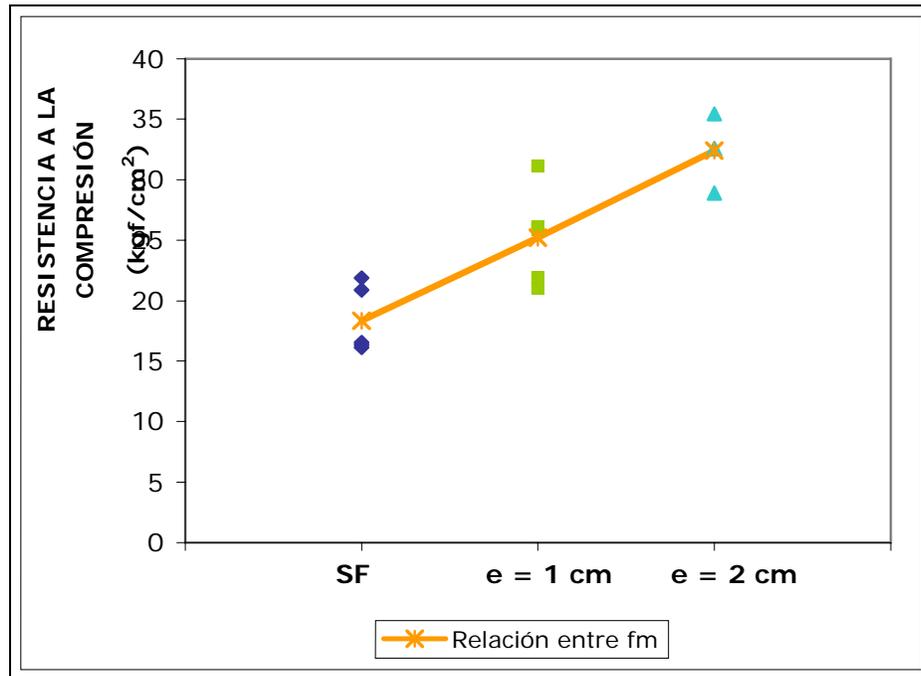
**Tabla IV-23**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 2 cm,  
construidas con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PA-e2 - 1	14650	14580	32.56	32.40	2.33	7.18
PA-e2 - 2	14650		32.56			
PA-e2 - 3	15950		35.44			
PA-e2 - 4	14650		32.56			
PA-e2 - 5	13000		28.89			

Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-5) con las resistencias a la compresión de las quince pilas ensayadas, construidas con bloques huecos de arcilla y su correspondiente resistencia a la compresión promedio (f<sub>m</sub>). En este

gráfico se puede apreciar una relación aproximadamente lineal entre la resistencia a la compresión de la mampostería y el espesor del friso.



**Gráfico IV-5.** Resistencia a la Compresión y relación entre  $f_m$  en Pilas construidas con bloques huecos de arcilla

#### 4.8. ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A PILAS CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE CONCRETO

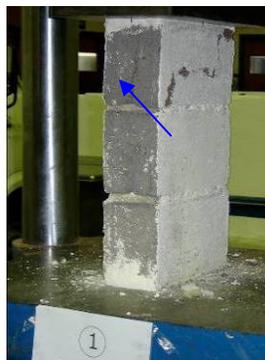
Luego de realizar los ensayos de compresión simple a pilas construidas con bloques de concreto, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.1. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

##### **4.8.1. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques de concreto, sin friso**

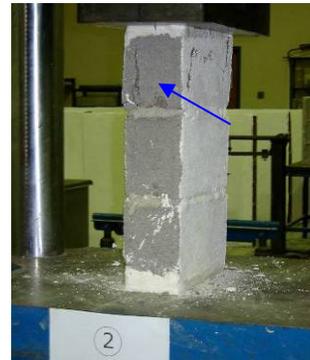
En estos ensayos se observó que todas las pilas sin friso, presentaron fallas por tracción indirecta. Esta falla consistía en el desarrollo de grietas verticales, a partir de aproximadamente el 90% de la carga última, debidas a esfuerzos

transversales. Estos esfuerzos transversales son producidos por la restricción a la deformación, que un material más rígido (el bloque) le produce a uno menos rígido (el mortero), al ser sometidos a un mismo esfuerzo. Debe señalarse, que luego del agotamiento de las pilas, se originaban grietas horizontales.

De los ensayos de las cinco pilas con bloques de concreto, sin friso, se muestran a continuación las fotografías más ilustrativas del mecanismo de falla que presentaron algunas de ellas (Figura IV-21, Figura IV-22 y Figura IV-23). Las flechas en estas figuras, indican las grietas verticales producto de las fallas en las pilas y como se puede apreciar, estas grietas se originaban en las caras verticales con menor área; esto se debe a que en estas superficies se necesitan menores esfuerzos transversales para producir el agrietamiento.



**Figura IV-21.** *Falla en PC-SF - 1*



**Figura IV-22.** *Falla en PC-SF - 2*



**Figura IV-23.** *Falla en PC-SF - 4*

Fuente: Las Autoras

Después del agotamiento de las pilas, se continuaba el ensayo con el fin de observar el comportamiento que éstas tendrían. Para poder visualizarlo, se

presenta a continuación una secuencia fotográfica enumerada, por cuadros, de la pila PC-SF-1 (Figura IV-24); donde el primer cuadro, muestra la falla descrita anteriormente y los cuadros siguientes, ilustran el comportamiento de las pilas posterior a la carga de rotura. Es importante acotar que el comportamiento de esta pila es representativo de las pilas sin friso, construidas con bloques de concreto.



**Figura IV-24.** *Secuencia Fotográfica de la Falla en PC-SF -1*  
Fuente: Las Autoras

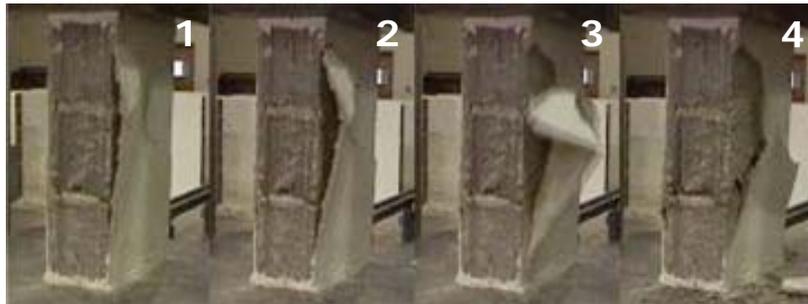
#### **4.8.2. Análisis de las fallas observadas en las pilas construidas con bloques de concreto, con friso de 1 y 2 cm**

En estos ensayos se observó que todas las pilas con bloques de concreto y con friso, presentaron fallas por tracción indirecta, producidas por los esfuerzos de tracción que se generaban, perpendiculares a la dirección de aplicación de la carga; esto ocasionó la formación de grietas verticales (ver Figura IV-25), a partir de aproximadamente el 85% de la carga última.



**Figura IV-25.** *Falla en PC-e2 - 5*  
Fuente: Las Autoras

Después del agotamiento de las pilas con bloques de concreto y con friso de 1 cm, se continuaba el ensayo con el fin de observar el comportamiento que éstas tendrían. En estos casos, el friso se separaba de las paredes de los bloques y por lo tanto, al quedar expuesto, fallaba por pandeo, produciéndose grietas externas en él. Para poder visualizarlo, se presenta a continuación una secuencia fotográfica enumerada, por cuadros, de la pila PC-e1-2 (Figura IV-26).



**Figura IV-26.** *Secuencia Fotográfica de la Falla en PC-e1 -2*  
Fuente: Las Autoras

Igualmente, con el fin de observar el comportamiento de las pilas con friso de 2 cm, después del agotamiento se continuaba el ensayo. En la mayoría de los casos, adicional a las grietas verticales de la falla, el friso de ambas caras, se separaba de las paredes de los bloques de concreto, en la parte superior de la pila. Para poder visualizarlo, se presenta a continuación la Figura IV-27, correspondiente a la pila PC-e2-2. En otros de los casos, el agrietamiento vertical se volvía excesivo, produciéndose la fractura final de la pila en dos partes, como se aprecia en la Figura IV-28.



**Figura IV-27.** *Separación del friso en PC-e2-2*



**Figura IV-28** *Fractura en PC-e2-5*  
Fuente: Las Autoras

#### **4.8.3. Resultados y análisis de los ensayos en las pilas construidas con bloques de concreto, sin friso y con friso de 1 y 2 cm**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia a la compresión con respecto al área nominal (15 cm x 40 cm). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $f_m$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo (S y cv) (ver de la Tabla IV-24 a la Tabla IV-26). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en estas tablas, se encuentran en el Apéndice C.

En la Tabla IV-24, correspondiente a las pilas con bloques de concreto, sin friso, se observa una resistencia a la compresión promedio de 16.58 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 27.14%. Para las pilas con espesor de friso de 1 cm, se observa en la Tabla IV-25, una resistencia a la compresión promedio de 24.58 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 13.63%. En la Tabla IV-26, correspondiente a las pilas con espesor de friso de 2 cm, se observa una resistencia a la compresión promedio de 28.33 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 16.83%.

En función de lo antes expuesto, al comparar los valores promedio de resistencia a la compresión ( $f_m$ ), se aprecia un incremento aproximado del 48% para las frisadas con un 1 cm y de 71% para las frisadas con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en las pilas sin friso. Las pilas con friso de 2 cm, reflejaron un incremento aproximado en la resistencia a la compresión del 15% con respecto a las de 1 cm de friso.

De las experiencias de los ensayos realizados en este trabajo, se obtuvo una relación del 79% entre la resistencia a la compresión de la mampostería,  $f_m$  (dada por los ensayos de las pilas con bloques de concreto sin friso, Tabla IV-24) y la resistencia a la compresión de los bloques de concreto  $f_p$  (Tabla IV-20).

**Tabla IV-24**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas sin frisar,  
construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PC-SF - 1	7400	9950	12.33	16.58	4.5	27.14
PC-SF - 2	9200		15.33			
PC-SF - 3	10100		16.83			
PC-SF - 4	14450		24.08			
PC-SF - 5	8600		14.33			

**Tabla IV-25**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 1 cm,  
construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PC-e1 - 1	11200	14750	18.67	24.58	3.35	13.63
PC-e1 - 2	15750		26.25			
PC-e1 - 3	15100		25.17			
PC-e1 - 4	15750		26.25			
PC-e1 - 5	15950		26.58			

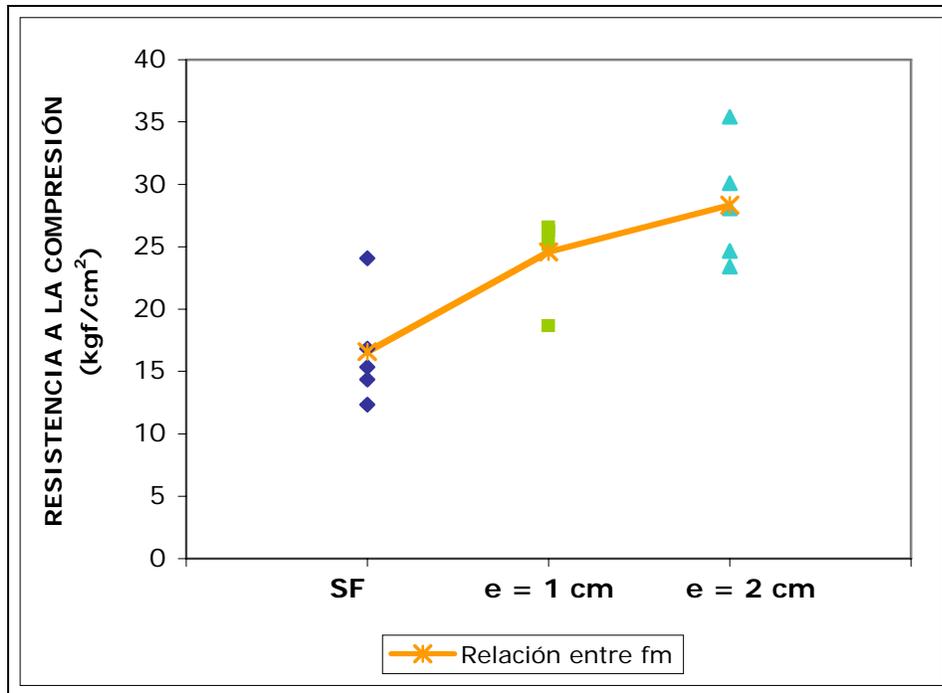
**Tabla IV-26**

*Ensayos a Compresión Simple en Pilas con friso de 2 cm,  
construidas con bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>m</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
PC-e2 - 1	18050	17000	30.08	28.33	4.77	16.83
PC-e2 - 2	14800		24.67			
PC-e2 - 3	16850		28.08			
PC-e2 - 4	21250		35.42			
PC-e2 - 5	14050		23.42			

Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-6) con las resistencias a la compresión de cada una de las quince pilas ensayadas, construidas con bloques

de concreto y su correspondiente resistencia a la compresión promedio ( $f_m$ ). En este gráfico se puede apreciar una pendiente mayor al unir la  $f_m$  de las pilas sin friso con la  $f_m$  de las frisadas con 1 cm, en comparación con la pendiente entre la  $f_m$  de las pilas con friso de 1 cm y la  $f_m$  de las frisadas con 2 cm.



**Gráfico IV-6.** Resistencia a la Compresión y relación entre  $f_m$  en Pilas construidas con bloques de concreto

#### 4.9. ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A PROBETAS CÚBICAS

Luego de realizar los ensayos de compresión simple a probetas cúbicas, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.1. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

##### 4.9.1. Análisis de las fallas observadas en las probetas cúbicas

En estos ensayos se observó que las sesenta y seis probetas de las once muestras tomadas, durante la preparación del mortero para pegar piezas y la

ejecución del friso, presentaron fallas por tracción indirecta, producto de la compresión. Esta falla se presenta por la interfase de la pasta y el agregado, en forma de cono.

A continuación se muestra el resultado final de una de las probetas ensayadas, la cual representa el comportamiento de todas las probetas (ver Figura IV-29 y Figura IV-30).



**Figura IV-29.** *Falla en Probeta 10-A*



**Figura IV-30** *Detalle de falla por la interfase de la pasta y el agregado, en forma de cono*

Fuente: Las Autoras

En la siguiente fotografía (Figura IV-31) se observa en detalle, la falla característica de las probetas de la muestra 6, apreciándose una gran cantidad de manchas blancas, correspondientes a la cal hidratada en pasta (uno de los componentes del mortero), lo que evidencia un mal mezclado durante la preparación de la mezcla de donde se tomó la muestra 6. Este mal mezclado, se evidencia en una variabilidad en los valores de la resistencia a la compresión de la muestra, lo que ocasionó que el ensayo correspondiente fuese rechazado (ver Tabla IV-32), de acuerdo a lo establecido por la Norma COVENIN 484-93: "Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50.8 mm de lado".



**Figura IV-31.** *Falla en Probeta 6–A*  
Fuente: Las Autoras

#### **4.9.2. Resultados y análisis de los ensayos en las probetas cúbicas**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor del área asignada por la Norma COVENIN 484-93 (de acuerdo a las características de cada probeta), luego se reportó la carga máxima soportada, calculando con ello su correspondiente resistencia a la compresión de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 484-93. Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas y las medidas de dispersión características de este ensayo. Los valores de resistencia que no cumplieran con los requerimientos de la Norma COVENIN 484-93, no se consideraron en los cálculos de la resistencia promedio y se indicaron con un asterisco (\*) en las respectivas tablas. Seguidamente, se presentaba la aceptación o no del ensayo, en base a los lineamientos de la Norma COVENIN 484-93. (ver de la Tabla IV-27 a la Tabla IV-37). Finalmente, se presentan en la última fila de las mencionadas tablas, la fecha de elaboración de la mezcla, su uso y el nombre del técnico que realizó el ensayo. Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en estas tablas, se encuentran en el Apéndice C.

Se debe destacar que de acuerdo a lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 484-93: *"Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50.8 mm de lado"*, se rechazó sólo una muestra de las once muestras tomadas (Muestra 6). Esto se puede apreciar de la Tabla IV-27 a la Tabla IV-37.

**Tabla IV-27**  
*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 1*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
1-A	25.806	2160	83.700	80.471	4.62	5.74	Cumple la Norma COVENIN 484-93
1-B	25.806	1980	76.725				
1-C	25.806	2010	77.888				
1-D	25.806	2280	88.350				
1-E	25.806	1990	77.113				
1-F	25.806	2040	79.050				
Nombre del Técnico: Elione Barrios				Fecha de elaboración de la mezcla: 3/3/06 (Mortero para pegar bloques en pilas)			

**Tabla IV-28**  
*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 2*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
2-A	25.833	2050	79.357	78.341	2.37	3.03	Cumple la Norma COVENIN 484-93
2-B	25.806	1990	77.113				
2-C	25.806	1980	76.725				
2-D	25.778	1960	76.035				
2-E	25.806	2020	78.275				
2-F	25.562	2110	82.543				
Nombre del Técnico: Elione Barrios				Fecha de elaboración de la mezcla: 3/3/06 (Mortero para pegar bloques en pilas y muretes)			

**Tabla IV-29**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 3*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
3-A	25.487	2000	78.470	82.072	4.84	5.90	Cumple la Norma COVENIN 484-93
3-B	25.793	2410	93.436*				
3-C	24.056	2040	79.050				
3-D	24.422	1830	74.932*				
3-E	26.065	2320	89.007				
3-F	24.153	2110	81.763				
Nombre del Técnico: Rene Aguilera				Fecha de elaboración de la mezcla: 6/3/06 (Mortero para pegar bloques en muretes)			

\* Valor no válido para el cálculo de f<sub>c</sub>, de acuerdo a la Norma COVENIN 484-93

**Tabla IV-30**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 4*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
4-A	25.806	2070	80.213	79.244	2.53	3.20	Cumple la Norma COVENIN 484-93
4-B	25.806	2130	82.538				
4-C	25.806	1960	75.950				
4-D	25.806	2090	80.988				
4-E	25.806	1980	76.725				
4-F	25.806	2040	79.050				
Nombre del Técnico: Rene Aguilera				Fecha de elaboración de la mezcla: 6/3/06 (Mortero para pegar bloques en muretes)			

**Tabla IV-31**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 5*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
5-A	25.806	1670	64.713	66.779	2.00	3.00	Cumple la Norma COVENIN 484-93
5-B	25.806	1690	65.488				
5-C	25.806	1720	66.650				
5-D	25.806	1720	66.650				
5-E	25.806	1720	66.650				
5-F	25.806	1820	70.525				
Nombre del Técnico: Roberto Burgos				Fecha de elaboración de la mezcla: 7/3/06 (Mortero para pegar bloques en muretes)			

**Tabla IV-32**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 6*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
6-A	25.441	970	38.127*	No Cumple la Norma COVENIN 484-93 <i>Ensayo Rechazado</i>			
6-B	25.806	1460	56.576*				
6-C	25.806	1380	53.475				
6-D	25.697	1980	77.052*				
6-E	25.806	1430	55.413*				
6-F	25.552	490	19.177*				
Nombre del Técnico: Roberto Burgos				Fecha de elaboración de la mezcla: 7/3/06 (Mortero para pegar bloques en muretes)			

\* Valor no válido para el cálculo de f<sub>c</sub>, de acuerdo a la Norma COVENIN 484-93

**Tabla IV-33**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 7*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
7-A	25.806	1830	70.913	70.856	2.00	2.83	Cumple la Norma COVENIN 484-93
7-B	25.928	1760	67.881				
7-C	25.806	1810	70.138				
7-D	25.806	1610	62.398*				
7-E	25.796	1880	72.880				
7-F	25.527	1850	72.472				
Nombre del Técnico: Lee Yáñez				Fecha de elaboración de la mezcla: 8/3/06 (Friso para pilas y muretes)			

\* Valor no válido para el cálculo de f<sub>c</sub>, de acuerdo a la Norma COVENIN 484-93

**Tabla IV-34**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 8*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
8-A	25.806	2160	83.700	75.585	4.27	5.66	Cumple la Norma COVENIN 484-93
8-B	25.806	1940	75.175				
8-C	25.806	2070	80.213				
8-D	25.806	1890	73.238				
8-E	25.806	1750	67.814*				
8-F	25.806	2080	80.600				
Nombre del Técnico: Lee Yáñez				Fecha de elaboración de la mezcla: 9/3/06 (Friso para pilas y muretes)			

\* Valor no válido para el cálculo de f<sub>c</sub>, de acuerdo a la Norma COVENIN 484-93

**Tabla IV-35**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 9*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
9-A	25.610	2220	76.533	75.918	1.93	2.55	Cumple la Norma COVENIN 484-93
9-B	25.735	2390	73.442				
9-C	25.745	2310	78.073				
9-D	25.806	2030	73.725				
9-E	25.806	2170	76.338				
9-F	25.806	2600	74.400				
Nombre del Técnico: Lisandro González				Fecha de elaboración de la mezcla: 9/3/06 (Friso para pilas y muretes)			

**Tabla IV-36**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas, Muestra 10*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
10-A	25.576	2600	101.658*	75.390	3.06	4.05	Cumple la Norma COVENIN 484-93
10-B	25.806	1900	73.625				
10-C	25.849	2040	78.919				
10-D	25.806	1830	70.194*				
10-E	25.803	2390	92.625*				
10-F	25.806	1900	73.625				
Nombre del Técnico: Elione Barrios				Fecha de elaboración de la mezcla: 10/3/06 (Friso para pilas y muretes)			

\* Valor no válido para el cálculo de f<sub>c</sub>, de acuerdo a la Norma COVENIN 484-93

**Tabla IV-37**

*Determinación de la Resistencia a la Compresión del Mortero en Probetas Cúbicas,  
Muestra 11*

Ensayo a los 28 días							
Probeta	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)	Obs.
11-A	25.806	1720	66.650	60.708	3.85	6.34	Cumple la Norma COVENIN 484-93
11-B	25.806	1630	63.163				
11-C	25.806	1510	58.513				
11-D	25.806	1590	61.613				
11-E	25.806	1500	58.125				
11-F	25.806	1450	56.188				
Nombre del Técnico: Roberto Burgos				Fecha de elaboración de la mezcla: 10/3/06 (Friso para pilas y muretes)			

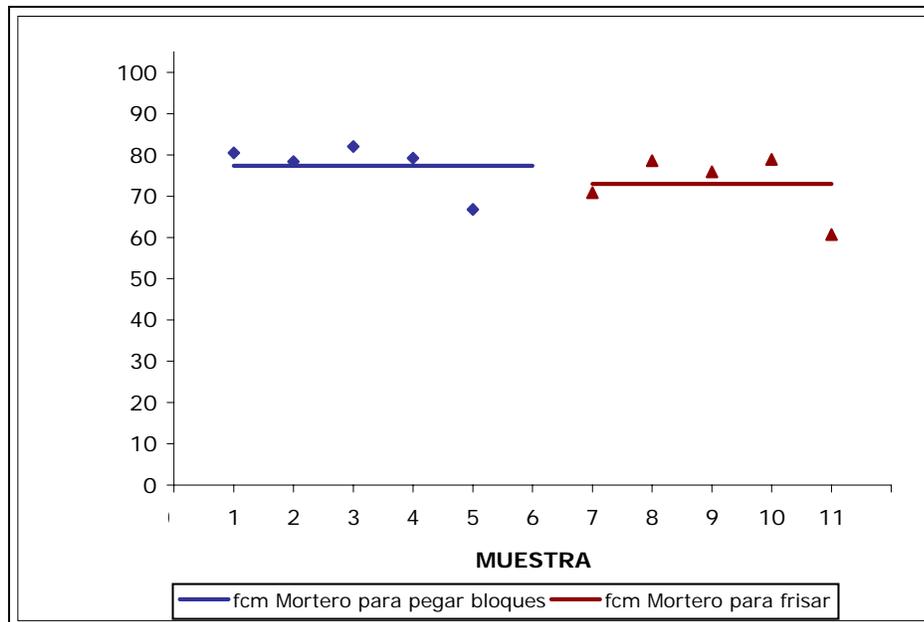
A continuación se presenta la Tabla IV-38, donde se encuentran las muestras tomadas con su correspondiente resistencia a la compresión ( $f_c$ ) y clasificadas de acuerdo a su uso (mortero para pegar bloques y mortero para frisar). Seguidamente, se determinaron las medias aritméticas de las resistencias a la compresión ( $f_{cm}$ ) para cada uso del mortero y las medidas de dispersión características de este ensayo ( $S$  y  $cv$ ). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en esta tabla, se encuentran en el Apéndice C. El ensayo de la muestra 6 no se consideró para los cálculos debido a que fue rechazado según lo explicado en el punto 4.9.1. de este capítulo.

En la Tabla IV-38, correspondiente a las resistencias características del mortero, se observa una resistencia a la compresión promedio del mortero para pegar bloques de 77.38 kgf/cm<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación de 7.87%; igualmente, se observa una resistencia a la compresión promedio del mortero para frisar de 73.00 kgf/cm<sup>2</sup>, con un coeficiente de variación de 10.40%. Ambos valores de resistencia están por encima de 40 kgf/cm<sup>2</sup>, valor mínimo establecido por la Norma Mexicana: "*Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*" (2004) para morteros en mampostería. Las resistencias a la compresión ( $f_c$ ) de cada muestra elaborada y

las  $f_{cm}$  características del mortero usado para pegar bloques y para frisar, se presentan en el Gráfico IV-7.

**Tabla IV-38**  
*Determinación de la Resistencia característica del Mortero preparado para pegar bloques y frisar*

	Muestra	$f_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{cm}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
Mortero para pegar bloques	1	80.471	77.38	6.09	7.87
	2	78.341			
	3	82.072			
	4	79.244			
	5	66.779			
Mortero para frisar	7	70.856	73.00	7.59	10.40
	8	78.585			
	9	75.918			
	10	78.919			
	11	60.708			



**Gráfico IV-7.** *Relación entre los  $f_c$  del Mortero preparado para pegar bloques y para frisar y Resistencias características de estos Morteros*

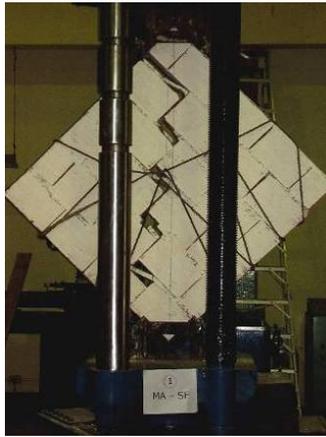
#### **4.10. ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL A MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES HUECOS DE ARCILLA, SIN FRISO**

Luego de realizar los ensayos de compresión diagonal a muretes contruidos con bloques huecos de arcilla, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.2. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

##### **4.10.1. Análisis de las fallas observadas en los muretes contruidos con bloques huecos de arcilla, sin friso**

En estos ensayos se observó que todos los muretes presentaron fallas escalonadas de deslizamiento en la junta (también conocida como falla por cortante en la junta), la cual consistía en grietas que se presentaron entre los bloques y las juntas de mortero, producto de una falla en la adherencia entre la pieza y el mortero. La falta de vaciado con mortero a las juntas verticales de la mampostería, también generó un estado de pre-agrietamiento diagonal de los muretes, lo cual contribuyó a la forma de falla encontrada. Esto sucedió de manera frágil al alcanzarse la carga de rotura, luego de escucharse ruidos crujientes. La falla ocurría siguiendo las juntas horizontales y verticales a un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con respecto a la hilada, producto de la forma en que se construyeron los muros con “bloques trabados” (según Castilla, 1998). Lo observado confirma la teoría de que la falla en estos ensayos ocurre cuando la tracción principal alcanza su valor crítico (según Gallegos, 1989).

A continuación, de la Figura IV-32 a la Figura IV-38, se muestra el resultado final de los muretes contruidos con bloques huecos de arcilla, sin friso, luego de ser ensayados, donde se observa el tipo de falla descrito anteriormente.



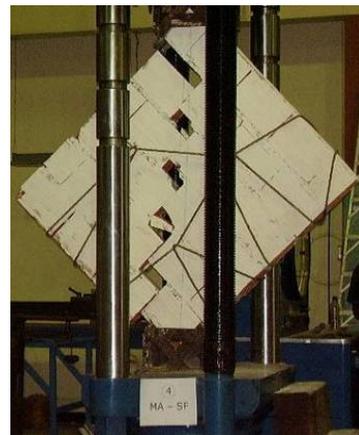
**Figura IV-32.** *Falla en MA-SF - 1*



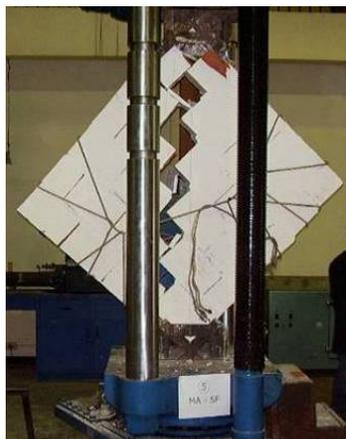
**Figura IV-33.** *Falla en MA-SF - 2*



**Figura IV-34.** *Falla en MA-SF - 3*



**Figura IV-35.** *Falla en MA-SF - 4*



**Figura IV-36.** *Falla en MA-SF - 5*

Fuente: Las Autoras

De los ensayos de los cinco muretes con bloques huecos de arcilla, sin friso, se muestran las fotografías más ilustrativas de los detalles del mecanismo de falla que presentaron algunos de ellos. En la Figura IV-37 se observa el recorrido escalonado de la grieta por la junta horizontal y vertical en el murete MA-SF-3, donde se evidencia el desprendimiento del mortero existente entre los bloques. En la Figura IV-38, se aprecia la ausencia del mortero en las juntas horizontales, luego de la falla escalonada de deslizamiento en la junta, en el murete MA-SF-3.



**Figura IV-37.** *Falla escalonada en MA-SF-3* **Figura IV-38.** *Falla escalonada en MA-SF-4*  
Fuente: Las Autoras

#### **4.10.2. Análisis de las fallas observadas en los muretes construidos con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 y 2 cm**

En estos ensayos se observó que todos los muretes presentaron fallas por tracción diagonal, en las cuales aparecían grietas diagonales que atravesaban tanto los bloques como las juntas de mortero y que se hacían evidentes en ambas caras del friso. Esto sucedió de manera frágil al alcanzarse la carga de rotura. La falla ocurría siguiendo un mecanismo que consistía en la aparición de grietas sucesivas desde el material más débil (en este caso, el bloque hueco de arcilla), siguiendo un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con respecto a la hilada, avanzando las que necesitaban menos energía para su desarrollo. Lo observado confirma la teoría de que la falla en estos ensayos ocurre cuando la tracción principal alcanza su valor crítico (según Gallegos, 1989).

A continuación, de la Figura IV-39 a la Figura IV-43, se muestra el resultado final de los muretes construidos con bloques huecos de arcilla, con friso

de 1 y 2 cm, luego de ser ensayados, donde se resaltó el tipo de falla descrito anteriormente, para su mejor observación.

**Muretes con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 cm**



**Figura IV-39.** *Falla en MA-e1 - 1*



**Figura IV-40.** *Falla en MA-e1 - 2*



**Figura IV-41.** *Falla en MA-e1 - 3*



**Figura IV-42.** *Falla en MA-e1 - 4*



**Figura IV-43.** *Falla en MA-e1 - 5*

Fuente: Las Autoras

**Muretes con bloques huecos de arcilla, con friso de 2 cm**



**Figura IV-44.** *Falla en MA-e2 - 1*



**Figura IV-45.** *Falla en MA-e2 - 2*



**Figura IV-46.** *Falla en MA-e2 - 3*



**Figura IV-47.** *Falla en MA-e2 - 4*



**Figura IV-48.** *Falla en MA-e2 - 5*

Fuente: Las Autoras

Se debe destacar que en el primer murete con friso ensayado, que fue el caso del MA-e1-2, ocurrió una falla por aplastamiento del bloque (ver Figura IV-49), como consecuencia de que el ancho de las planchas adaptadas a los ángulos de  $90^\circ$  y encargadas de distribuir uniformemente la carga, no cubrían la totalidad del ancho del espécimen, considerando que esta dimensión aumentaba con el friso. Esta situación fue solventada para la ejecución de los ensayos restantes en muretes con friso (arcilla y concreto), soldando a cada lado de la plancha existente, otras adicionales (ver Figura IV-50).



Figura IV-49. Falla en MA-e1 - 2



Figura IV-50. Planchas soldadas en el ángulo de  $90^\circ$

Fuente: Las Autoras

#### **4.10.3. Resultados y análisis de los ensayos en los muretes contruidos con bloques huecos de arcilla**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia al corte con respecto

al área paralela a la junta horizontal (Largo  $_{Murete}$  x 15 cm). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $v_m$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo (S y cv) (ver de la Tabla IV-39 a la Tabla IV-41). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en estas tablas, se encuentran en el Apéndice C.

En la Tabla IV-39, correspondiente a los muretes con bloques huecos de arcilla, sin friso, se observa una resistencia al corte promedio de 2.01 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 14.09%. Para los muretes con espesor de friso de 1 cm, se observa en la Tabla IV-40, una resistencia al corte promedio de 6.39 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 14.46 %. En la Tabla IV-41, correspondiente a los muretes con espesor de friso de 2 cm, se observa una resistencia al corte promedio de 7.40 kgf/cm<sup>2</sup> con un coeficiente de variación de 5.64%.

Para los cálculos estadísticos de la resistencia al corte de los muretes con bloques huecos de arcilla, con friso de 1 cm, no se consideró el ensayo del murete MA-e1-2 (ver Tabla IV-40), debido a que las condiciones de este ensayo fueron diferentes a las de los demás muretes, ocasionando una falla prematura por aplastamiento del bloque, de acuerdo a lo explicado en el punto 4.10.2. de este capítulo, éste falló prematuramente por aplastamiento del bloque hueco de arcilla (ver Figura IV-49).

En función de lo antes expuesto, al comparar los valores promedio de resistencia al corte ( $v_m$ ), se aprecia un incremento aproximado del 218% para los frisados con un 1 cm y de 268% para los frisados con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en los muretes sin friso. Los muretes con friso de 2 cm, reflejaron un incremento aproximado en la resistencia a la compresión del 16% con respecto a las de 1 cm de friso.

De las experiencias de los ensayos realizados en este trabajo, se obtuvo que la relación de  $v_m/\sqrt{f_m}$  arrojó un valor de 0.49, el cual no se encuentra dentro de los límites propuestos por Gallegos (1989), que especifica que la resistencia al corte de la mampostería está entre  $0.53 \sqrt{f_m}$  y  $1.2 \sqrt{f_m}$ .

**Tabla IV-39**  
*Resultados de Ensayos en Muretes sin frisar,  
 contruidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MA-SF - 1	3140	3696	1.71	2.01	0.28	14.09
MA-SF - 2	3490		1.81			
MA-SF - 3	3890		2.12			
MA-SF - 4	3460		1.88			
MA-SF - 5	4500		2.44			

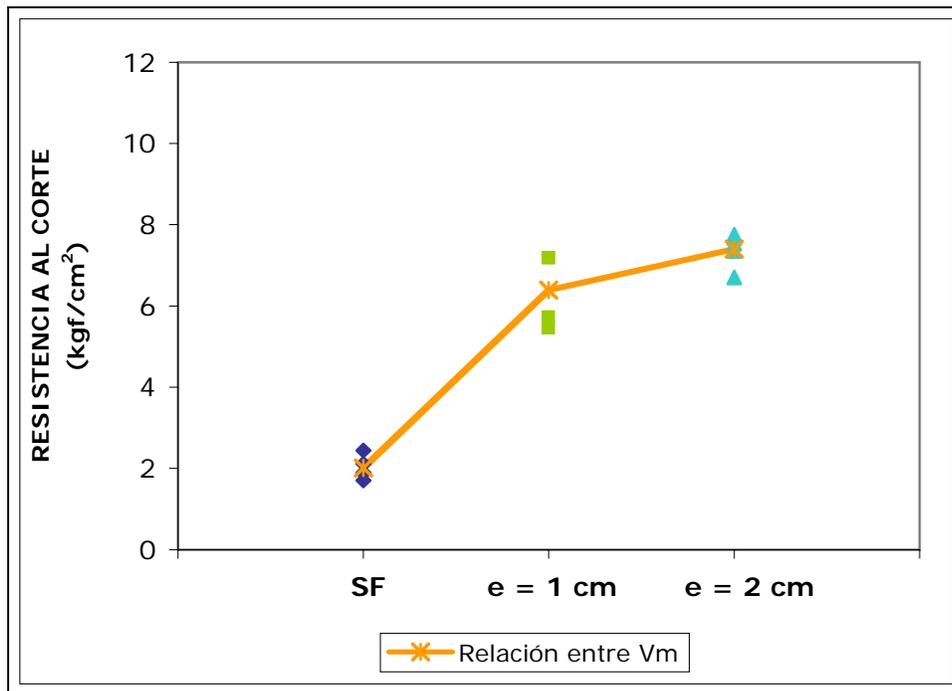
**Tabla IV-40**  
*Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 1 cm,  
 contruidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MA-e1- 1	10150	11888	5.46	6.39	0.92	14.46
MA-e1- 2	6900		3.70			
MA-e1- 3	10750		5.74			
MA-e1- 4	13400		7.19			
MA-e1- 5	13250		7.18			

**Tabla IV-41**  
*Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 2 cm,  
 contruidos con bloques huecos de arcilla*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MA-e2 - 1	14300	13750	7.75	7.40	0.42	5.64
MA-e2 - 2	14200		7.67			
MA-e2 - 3	14050		7.53			
MA-e2 - 4	13650		7.35			
MA-e2 - 5	12550		6.71			

Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-8) con las resistencias al corte de cada uno de los quince muretes ensayados, construidos con bloques huecos de arcilla y su correspondiente resistencia al corte promedio ( $v_m$ ). En este gráfico se puede apreciar una pendiente mayor al unir el  $v_m$  de los muretes sin friso con el  $v_m$  de los frisados con 1 cm, en comparación con la pendiente entre el  $v_m$  de los muretes con friso de 1 cm y el  $v_m$  de los frisados con 2 cm.



**Gráfico IV-8.** Resistencia a la Compresión y relación entre  $v_m$  en Muretes construidos con bloques huecos de arcilla

#### 4.11. ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL A MURETES CONSTRUIDOS CON BLOQUES DE CONCRETO

Luego de realizar los ensayos de compresión diagonal a muretes construidos con bloques de concreto, de acuerdo al procedimiento señalado en el punto 3.7.2. del Capítulo III, se describen a continuación los mecanismo de falla observados, antes de los resultados y análisis de estos ensayos.

#### **4.11.1. Análisis de las fallas observadas en los muretes contruidos con bloques de concreto**

En estos ensayos se observaron dos tipos de fallas, tanto para los especímenes sin friso, como para los frisados con 1 cm y 2 cm:

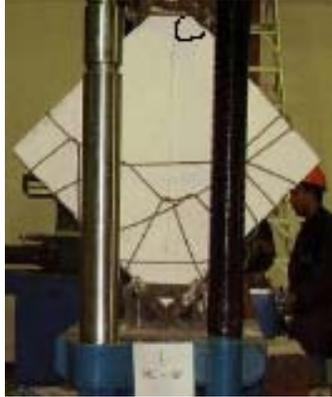
*Fallas por tracción diagonal:* en las cuales, aparecían grietas diagonales que atraviesan tanto los bloques como las juntas de mortero y que se hacían evidentes en ambas caras del friso, al alcanzarse la carga de rotura. La falla ocurría siguiendo un mecanismo que consistía en la aparición de grietas sucesivas desde el material más débil (en este caso, el bloque de concreto), siguiendo un ángulo aproximado de  $45^\circ$  con respecto a la hilada, avanzando las que necesitaban menos energía para su desarrollo. Lo observado confirma la teoría de que la falla en estos ensayos ocurre cuando la tracción principal alcanza su valor crítico (según Gallegos, 1989). Este tipo de falla se registró en nueve de los ensayos de compresión diagonal de muretes con bloques de concreto y corresponde a un 60% del total de estos ensayos (ver Figura IV-52, Figura IV-53, Figura IV-57, Figura IV-58, Figura IV-59, Figura IV-61, Figura IV-62, Figura IV-63 y Figura IV-64).

*Fallas por aplastamiento del material:* causado por la compresión diagonal, observándose la falla de la mampostería, en las esquinas superiores o inferiores de la diagonal del murete sometidas a compresión. Este tipo de falla es indicativo de que el bloque de concreto es el material más débil. Este tipo de falla se registró en seis de los ensayos de compresión diagonal de muretes con bloques de concreto y corresponde a un 40% del total de estos ensayos (ver Figura IV-51, Figura IV-54, Figura IV-55, Figura IV-56, Figura IV-60 y Figura IV-65).

Para los dos tipos de fallas presentados en los muretes de concreto, independientemente del tipo, las cargas máximas eran parecidas, lo cual puede indicar que esta carga es muy cercana al límite de ocurrencia entre un mecanismo de falla y otro.

A continuación, de la Figura IV-51 a la Figura IV-65, se muestra el resultado final de los muretes contruidos con bloques de concreto, sin friso y con friso de 1 cm y 2 cm, luego de ser ensayados, donde se resaltaron los tipos de fallas descritos anteriormente, para su mejor observación.

**Muretes con bloques de concreto, sin friso**



**Figura IV-51.** *Falla en MC-SF - 1*



**Figura IV-52.** *Falla en MC-SF - 2*



**Figura IV-53.** *Falla en MC-SF - 3*



**Figura IV-54.** *Falla en MC-SF - 4*



**Figura IV-55.** *Falla en MC-SF - 5*

Fuente: Las Autoras

**Muretes con bloques de concreto, con friso de 1 cm**



**Figura IV-56.** *Falla en MC-e1 - 1*



**Figura IV-57.** *Falla en MC-e1 - 2*



**Figura IV-58.** *Falla en MC-e1 - 3*



**Figura IV-59.** *Falla en MC-e1 - 4*



**Figura IV-60.** *Falla en MC-e1 - 5*

Fuente: Las Autoras

**Muretes con bloques de concreto, con friso de 2 cm**



**Figura IV-61.** *Falla en MC-e2 - 1*



**Figura IV-62.** *Falla en MC-e2 - 2*



**Figura IV-63.** *Falla en MC-e2 - 3*



**Figura IV-64.** *Falla en MC-e2 - 4*



**Figura IV-65.** *Falla en MC-e2 - 5*

Fuente: Las Autoras

A continuación se muestran las fotografías más ilustrativas de los detalles de los mecanismos de falla que se presentaron en los ensayos de muretes con bloques de concreto. En la Figura IV-66, se presenta un acercamiento de la falla por tracción diagonal ocurrida en el murete MC-e2-2. En la Figura IV-67, se aprecia la falla por aplastamiento en el bloque inferior del murete MC-e1-5 y en la Figura IV-68, se aprecia la falla por aplastamiento en el bloque superior del murete MC-e2-5.



**Figura IV-66.** Falla por tracción diagonal en MC-e2 - 2



**Figura IV-67.** Falla por aplastamiento en MC-e1 - 5



**Figura IV-68.** Falla por aplastamiento en MC-e2 - 5

Fuente: Las Autoras

#### **4.11.2. Resultados y análisis de los ensayos en los muretes contruidos con bloques de concreto**

Para cada uno de los ensayos se registró el valor de carga máxima soportada, calculando luego su correspondiente resistencia al corte con respecto al área paralela a la junta horizontal ( $Largo_{Murete} \times 15 \text{ cm}$ ). Con estos valores, se determinaron las medias aritméticas ( $v_m$ ) y las medidas de dispersión características de este ensayo (S y cv) (ver de la Tabla IV-42 a la Tabla IV-44). Los cálculos necesarios para obtener los valores presentados en estas tablas, se encuentran en el Apéndice C.

En la Tabla IV-42, correspondiente a los muretes con bloques de concreto, sin friso, se observa una resistencia al corte promedio de  $3.82 \text{ kgf/cm}^2$  con un coeficiente de variación de 16.03%. Para los muretes con espesor de friso de 1 cm, se observa en la Tabla IV-43, una resistencia al corte promedio de  $8.50 \text{ kgf/cm}^2$  con un coeficiente de variación de 12.64 %. En la Tabla IV-44, correspondiente a los muretes con espesor de friso de 2 cm, se observa una resistencia al corte promedio de  $8.63 \text{ kgf/cm}^2$  con un coeficiente de variación de 10.19%.

En función de lo antes expuesto, al comparar los valores promedio de resistencia al corte ( $v_m$ ), se aprecia un incremento aproximado del 123% para los frisados con un 1 cm y de 126% para los frisados con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en los muretes sin friso. Los muretes con friso de 2 cm, reflejaron un incremento aproximado en la resistencia a la compresión del 2% con respecto a las de 1 cm de friso.

De las experiencias de los ensayos realizados en este trabajo, se obtuvo que la relación de  $v_m/\sqrt{f_m}$  arrojó un valor de 0.94, el cual se encuentra dentro de los límites propuestos por Gallegos (1989), que especifica que la resistencia al corte de la mampostería está entre  $0.53 \sqrt{f_m}$  y  $1.2 \sqrt{f_m}$ .

**Tabla IV-42**  
*Resultados de Ensayos en Muretes sin frisar,  
 contruidos con bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MC-SF - 1	6350	5860	4.18	3.82	0.61	16.03
MC-SF - 2	6700		4.36			
MC-SF - 3	6550		4.25			
MC-SF - 4	4900		3.19			
MC-SF - 5	4800		3.11			

**Tabla IV-43**  
*Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 1 cm,  
 contruidos con bloques de concreto*

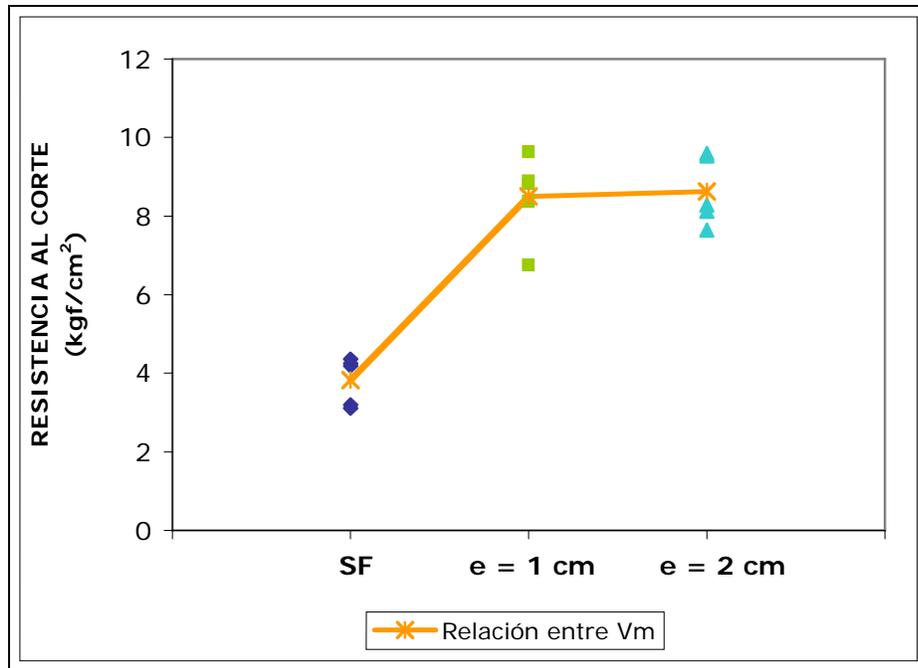
Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MC-e1- 1	13550	13010	8.82	8.50	1.07	12.64
MC-e1- 2	14750		9.64			
MC-e1- 3	10300		6.76			
MC-e1- 4	12750		8.37			
MC-e1- 5	13700		8.90			

**Tabla IV-44**  
*Resultados de Ensayos en Muretes con friso de 2 cm,  
 contruidos con bloques de concreto*

Espécimen	Carga (kgf)	Carga Media (kgf)	Resistencia al Corte (kgf/cm <sup>2</sup> )	$v_m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	S (kgf/cm <sup>2</sup> )	cv (%)
MC-e2 - 1	14900	13350	9.59	8.63	0.88	10.19
MC-e2 - 2	14550		9.53			
MC-e2 - 3	12850		8.28			
MC-e2 - 4	12600		8.12			
MC-e2 - 5	11850		7.64			

Finalmente, se realizó un gráfico (Gráfico IV-9) con las resistencias al corte de cada uno de los quince muretes ensayados, contruidos con bloques de

concreto y su correspondiente resistencia al corte promedio ( $v_m$ ). En este gráfico se puede apreciar una pendiente mayor al unir el  $v_m$  de los muretes sin friso con el  $v_m$  de los frisados con 1 cm, en comparación con la pendiente entre el  $v_m$  de los muretes con friso de 1 cm y el  $v_m$  de los frisados con 2 cm.



**Gráfico IV-9.** Resistencia a la Compresión y relación entre  $v_m$  en Muretes construidos con bloques de concreto

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas del análisis e interpretación de los resultados de los ensayos realizados:

- 1) Se evaluó la influencia del espesor del friso en las propiedades mecánicas de la mampostería, mediante la realización de ensayos básicos sobre piezas, pilas y muretes.
- 2) Los bloques huecos de arcilla y de concreto con los que se construyeron las pilas y los muretes, se ensayaron a compresión simple, registrándose una resistencia a la compresión, según el área nominal, para los bloques huecos de arcilla de  $38.64 \text{ kgf/cm}^2$  y para los bloques de concreto de  $21.02 \text{ kgf/cm}^2$ .
- 3) El mortero utilizado para pegar los bloques, obtuvo una resistencia a la compresión de  $77.38 \text{ kgf/cm}^2$  y el utilizado en la ejecución del friso, arrojó un valor de  $73.00 \text{ kgf/cm}^2$ .
- 4) De los ensayos de compresión simple a las pilas con bloques huecos de arcilla, se obtuvo un incremento aproximado del 37% para las frisadas con un 1 cm y de 76% para las frisadas con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en las pilas sin friso. Para pilas con bloques de concreto, se obtuvo un incremento aproximado del 48% para las frisadas con un 1 cm y de 71% para las frisadas con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en las pilas sin friso. Entre pilas con friso de 1 cm y 2 cm, del mismo tipo de bloque, se reflejó un incremento

aproximado en la resistencia a la compresión del 29% para pilas con bloques huecos de arcilla y del 15% para las construidas con bloques de concreto.

5) De los ensayos de compresión diagonal a los muretes con bloques huecos de arcilla, se obtuvo un incremento aproximado del 218% para los frisados con un 1 cm y de 268% para los frisados con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en los muretes sin friso. Para muretes con bloques de concreto, se obtuvo un incremento aproximado del 123% para los frisados con un 1 cm y de 126% para los frisados con 2 cm, respecto a la resistencia obtenida en los muretes sin friso. Entre muretes con friso de 1 cm y 2 cm, del mismo tipo de bloque, se reflejó un incremento aproximado en la resistencia a la compresión del 16% para muretes con bloques huecos de arcilla y del 2% para los construidos con bloques de concreto.

6) Los resultados obtenidos de los ensayos de las pilas y muretes, indican que el hecho de frisar la mampostería aumentó la resistencia a la compresión ( $f_m$ ) y la resistencia al corte ( $v_m$ ).

7) Los resultados obtenidos de los ensayos de las pilas y muretes, indican que al aumentar el espesor del friso de 1 cm a 2 cm, hubo poca contribución en la resistencia de la mampostería; a excepción de la resistencia a la compresión de las pilas con bloques huecos de arcilla.

8) El hecho de colocar friso en las pilas con bloques huecos de arcilla, evitó la ocurrencia de fallas explosivas. En los muretes, el hecho de colocar friso, contribuyó a la ocurrencia de fallas por tracción en la diagonal.

9) En el caso de los especímenes sin friso, la relación  $f_m/f_p$  obtenida para los bloques huecos de arcilla es de 0.48 y 0.79 para los bloques de concreto.

10) Se obtuvo que la relación  $v_m/\sqrt{f_m}$  es igual a 0.47 para los especímenes con bloques huecos de arcilla sin friso, la cual aumentó a 1.27 y 1.30 para los casos de friso de 1 cm y 2 cm, respectivamente.

11) Se obtuvo que la relación  $v_m/\sqrt{f_m}$  es igual a 0.94 para los especímenes con bloques de concreto sin friso, la cual aumentó a 1.71 y 1.62 para los casos de friso de 1 cm y 2 cm, respectivamente.

12) El hecho de colocar friso en paredes divisorias o de cerramiento, hace más crítico el fenómeno de columna corta (columna cautiva), ya que al aumentar significativamente la resistencia de la mampostería, puede implicar un aumento significativo no esperado en la fuerza cortante de la columna.

## 5.2. RECOMENDACIONES

A continuación se presenta una serie de recomendaciones obtenidas del análisis e interpretación de los resultados de los ensayos realizados:

1) Se evidencia que el uso del friso en la mampostería aumentó los valores de la resistencia a la compresión y al corte, por lo que se recomienda evaluar el uso del friso en la mampostería estructural como un elemento que mejore el comportamiento sismorresistente de ella.

2) Se recomienda revisar los valores probables para pesos de tabiques y paredes de mampostería de la Norma COVENIN 2002-88: "*Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones (Provisional)*", debido a que parecen ser muy altos de acuerdo a los resultados obtenidos en los valores de peso por metro cuadrado para los muretes con bloques huecos de arcilla y de concreto.

3) Debido a que se obtuvo una variación en las propiedades resistentes de la mampostería producto de la colocación del friso, se recomienda evaluar que tanto puede influir la variación de la rigidez de la mampostería no frisada a la frisada, ya que esto puede ser un factor adicional que pueda hacer más crítico el efecto de columna corta.

4) Para evitar variables adicionales que puedan modificar los resultados de los ensayos que permiten obtener las propiedades mecánicas de la mampostería, se recomienda un control alto en la selección de los materiales para la construcción de los muretes y las pilas y una supervisión continua en todo el proceso constructivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baldó, J. (1995). La cuestión de los barrios, urbanizar los barrios de Caracas. pp. 323. Caracas: Monte Ávila Editores, Fundación Polar, UCV.
- Bengaray, M. (1999). Manual para la ejecución del Trabajo Especial de Grado, 2<sup>da</sup> ed. Caracas: Publicaciones del Departamento de Ingeniería Vial, Universidad Central de Venezuela. 114 p.
- Bonett, R. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Doctoral. Inédito. Universidad Politécnica De Cataluña, Barcelona.
- Bonilla, R. y otros. (2000, Julio). El terremoto de Cariaco del 9 de Julio de 1997. Boletín Técnico, 38 (2), 32-38. Caracas: Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela.
- Castilla, E. (1998). Evaluación de la respuesta de muros confinados de bloques de concreto contra ciclos severos de carga lateral. Tesis Doctoral. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Castilla, E. (1994). Recomendaciones para el diseño sismorresistente de paredes de mampostería confinada de bloques huecos de arcilla [Resumen], 41-55. Contribuciones recientes a la Ingeniería Estructural y Sismo-Resistente. Caracas: Sociedad Venezolana de Métodos Numéricos en Ingeniería, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela.
- Cementos Caribe. (s.f.). Frisando en obras. Caracas: Autor. 19 p.
- Castilla, E. y Pose, M. (1995, Marzo). Evaluación del comportamiento de muros de mampostería de concreto ante carga horizontal. Boletín Técnico, 33 (1), 31-52. Caracas: Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1978). Norma Venezolana COVENIN 2-78. Bloques de arcilla para paredes. Especificaciones. Caracas: FONDONORMA. 7 p.

- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1960). Norma Venezolana COVENIN 23-60. Productos de arcilla. Método de ensayo. Caracas: FONDONORMA. 4 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1982). Norma Venezolana COVENIN 42-82. Bloques huecos de concreto. Caracas: FONDONORMA. 17 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (2000). Norma Venezolana COVENIN 277:2004. Concreto. Agregados. Requisitos. Caracas: FONDONORMA. 12 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1993). Norma Venezolana COVENIN 484-93. Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8 mm de lado. 3<sup>ra</sup> Revisión. Caracas: FONDONORMA. 12 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1988). Norma Venezolana COVENIN 2002-88. Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones (Provisional). Caracas: FONDONORMA. 112 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales Ministerio de Fomento (1999). Norma Venezolana COVENIN 3549:1999. Tecnología del Concreto. Manual de Elementos de Estadística y Diseño de Experimentos. Caracas: FONDONORMA. 74 p.
- Fernández, N. y Viana, P. (1998). Estudio de la sensibilidad de las causas que provocaron el colapso de la escuela Valentín Valiente en el sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Gallegos, H. (1991). Albañilería estructural, 2da ed. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. 483 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (1993). NTC 2240. Agregados usados en morteros de mampostería. Primera Revisión. Bogotá: ICONTEC. 5 p.
- Lafuente, M.; (1989). Estudios analíticos sobre el comportamiento de la mampostería. Trabajo de Ascenso. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Lafuente, M.; Genatios, C. y Castilla, E. (1995). Propuesta para el desarrollo de una norma nacional de mampostería estructural. Boletín Técnico, 33 (3),

35-43. Caracas: Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela.

López, O., Castilla, E., Genatios, C. y Lafuente, M. (Julio, 1985). Una proposición para el estudio de edificaciones de mampostería en Venezuela, 129-147. Normativa y Seguridad de construcciones en zonas sísmicas. Taller. Caracas: Organización de los Estados Americanos, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales UCV, Facultad de Ingeniería UCV, Sociedad Venezolana de Ingeniería Sísmica, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Meli, R. (Julio, 1985). Consideraciones sobre el diseño sísmico de edificaciones de mampostería, 149-202. Normativa y Seguridad de construcciones en zonas sísmicas. Taller. Caracas: Organización de los Estados Americanos, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales UCV, Facultad de Ingeniería UCV, Sociedad Venezolana de Ingeniería Sísmica, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Meza, I. (Febrero, 2000). Vulnerabilidad de los desarrollos urbanos autoproducidos. Seminario 2000. Desastres sísmicos en desarrollo, VI-13-17. Caracas: IMME, UCV.

Miranda, E. (1999). Comportamiento mecánico de la mampostería no reforzada, 59-84. Edificaciones de mampostería para vivienda. México: Fundación ICA, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C.

Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. Gaceta Oficial del Distrito Federal, No. 103-BIS (Tomo I), México, octubre 6, 2004.

Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (2000). Mitigación de Desastres en Instalaciones de Salud: Aspectos Estructurales. Costa Rica: Organización Panamericana de la Salud. Disponible: <http://202.54.104.236/intranet/eha/Mitigacion/Contenidos/spanish/estructural.es.htm>. [Consulta: 2006, febrero 25]

Perozo, M.; Pol, M. y Pose, M. (1987). Evaluación del comportamiento de muros de bloques de concreto bajo la acción de carga lateral. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J. y Velazco, G. (2004). Manual del Concreto Estructural. Caracas: SIDETUR. 503 p.

Ruiz, J., Sánchez, T. y Miranda, E. (1999). Observaciones sobre el comportamiento y diseño de edificaciones de mampostería en zonas sísmicas,

153-183. Edificaciones de mampostería para vivienda. México: Fundación ICA, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural A.C.

Ruiz, M. y Renda, F. (1987). Influencia del confinamiento en la adherencia bloque-mortero para bloques de concreto. Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Universidad Santa María. Decanato de Postgrado y Extensión. Dirección de Investigación (2001). Normas para la elaboración, presentación y evaluación de los Trabajos Especiales de Grado. Caracas: Autor.

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**REGISTROS FOTOGRÁFICOS**

## APÉNDICE A-1

### SELECCIÓN Y PREDIMENSIONADO DE LOS ESPECÍMENES

#### BLOQUES HUECOS DE ARCILLA



Figura A1-1. Bloques huecos de arcilla

#### BLOQUES HUECOS DE CONCRETO

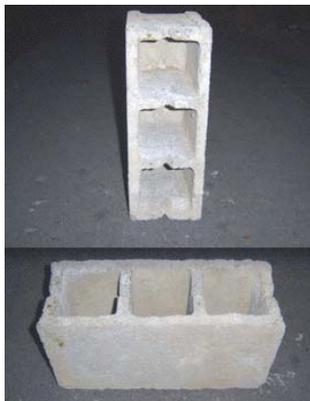


Figura A1-2. Bloques huecos de concreto

Fuente: Las Autoras

## APÉNDICE A-2

### MORTERO

#### COMPONENTES DEL MORTERO



**Figura A2-1.** *Arena ligada (arena amarilla y polvillo de piedra)*



**Figura A2-2.** *Procedimiento de cuarteo*



**Figura A2-3.** *Tamices utilizados*

Fuente: Las Autoras



**Figura A2-4.** Retenidos de cada tamiz, Muestra 1



**Figura A2-5.** Retenidos de cada tamiz, Muestra 2



**Figura A2-6.** Balanza electrónica, Cap. 1000 gf



**Figura A2-7.** Almacenamiento del cemento Portland Tipo I



**Figura A2-8.** Cal Hidratada en pasta

Fuente: Las Autoras

## PREPARACIÓN DEL MORTERO



**Figura A2-9.** *Mezcla de cemento y arena*



**Figura A2-10.** *Cemento, arena y cal*



**Figura A2-11.** *Proporciones volumétricas medidas con cuñete*



**Figura A2-12.** *Consistencia del mortero*

Fuente: Las Autoras

### APÉNDICE A-3

## CONSTRUCCIÓN DE PILAS Y MURETES



**Figura A3-1.** *Máquina cortadora*



**Figura A3-2.** *Proceso de cortado, Bloques de concreto*



**Figura A3-3.** *Proceso de cortado, Bloques huecos de arcilla*



**Figura A3-4.** *Mitades, Bloques de concreto*

Fuente: Las Autoras



**Figura A3-5.** Posición de asiento,  
*Bloques huecos de arcilla*



**Figura A3-6.** Posición de asiento,  
*Bloques de concreto*



**Figura A3-7.** *Bloques huecos de arcilla*



**Figura A3-8.** *Bloques de concreto*

## PILAS



**Figura A3-9.** *Colocación primer bloque y primera capa de mortero*



**Figura A3-10.** *Pegado del segundo bloque*

Fuente: Las Autoras



**Figura A3-11.** Nivelación vertical



**Figura A3-12.** Nivelación horizontal



**Figura A3-13.** Listones de Madera, para fijar espesor del friso



**Figura A3-14.** Espesor del Friso (2cm)



**Figura A3-15.** Friso Base, pila con bloques de concreto (salpicado)



**Figura A3-16.** Pila con bloques huecos de arcilla, pintada con Cal

Fuente: Las Autoras

**MURETES**



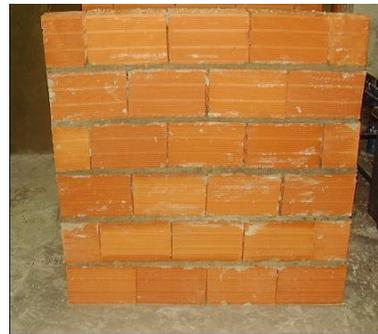
**Figura A3-17.** *Pegado de bloques*



**Figura A3-18.** *Nivelación de las hiladas*



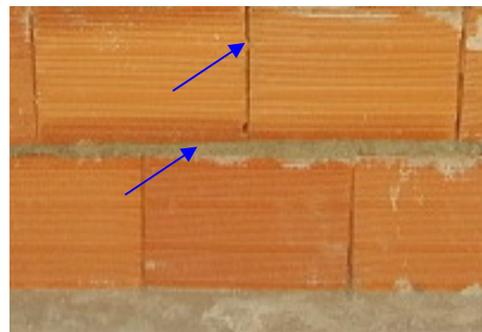
**Figura A3-19.** *Murete construido con bloques de concreto*



**Figura A3-20.** *Murete construido con bloques huecos de arcilla*



**Figura A3-21.** *Colocación de mortero superior*



**Figura A3-22.** *Juntas en Murete construido con bloques huecos de arcilla*

Fuente: Las Autoras



**Figura A3-23.** Juntas en Murete construido con bloques de concreto



**Figura A3-24.** Listones de Madera, para fijar espesor del friso



**Figura A3-25.** Espesor del Friso (1cm)



**Figura A3-26.** Friso Base en murete con bloques de concreto (salpicado)



**Figura A3-27.** Pintado de murete con Cal

Fuente: Las Autoras

## APÉNDICE A-4

### ALMACENAMIENTO DE PILAS Y MURETES



**Figura A4-1.** *Muretes y Pilas almacenados sin friso*



**Figura A4-2.** *Muretes y Pilas almacenados con friso*



**Figura A4-3.** *Muretes y Pilas almacenados y pintados parcialmente*



**Figura A4-4.** *Muretes y Pilas almacenados, pintados e identificados para ser ensayados*

Fuente: Las Autoras

## APÉNDICE A-5

### ELABORACIÓN DE PROBETAS CÚBICAS



**Figura A5-1.** *Probetas cúbicas*



**Figura A5-2.** *Moldes para probetas*



**Figura A5-3.** *Compactación del mortero*

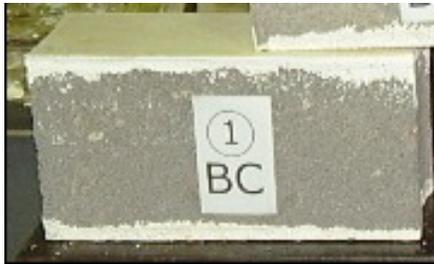


**Figura A5-4.** *Curado de las probetas*

Fuente: Las Autoras

**APÉNDICE A-6**  
**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS**  
**DE LOS ESPECÍMENES**

**BLOQUES**



**Figura A6-1.** *Nomenclatura de bloques*



**Figura A6-2.** *Verniers de precisión y cinta métrica*



**Figura A6-3.** *Balanza mecánica Romana, Cap. 500 kgf*

Fuente: Las Autoras

**PILAS**



**Figura A6-4.** Nomenclatura para Pilas, construidas con bloques huecos de arcilla



**Figura A6-5.** Nomenclatura para Pilas, construidas con bloques de concreto

**MURETES**

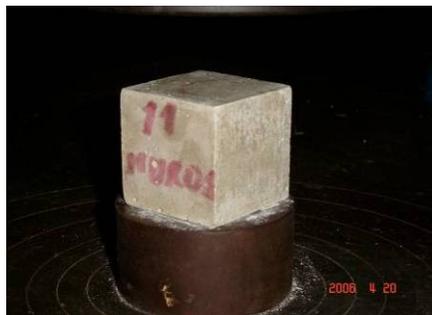


**Figura A6-6.** Nomenclatura para Muretes, construidos con bloques huecos de arcilla



**Figura A6-7.** Nomenclatura para Muretes, construidos con bloques de concreto

**PROBETAS CÚBICAS**



**Figura A6-8.** Nomenclatura para Probetas



**Figura A6-9.** Balanza mecánica, Cap. 2610gf

Fuente: Las Autoras

## **APÉNDICE A-7**

### **PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES PARA SER ENSAYADOS**



**Figura A7-1.** *Preparación de la mezcla de yeso*



**Figura A7-2.** *Mezcla para el "capping"*



**Figura A7-3.** *Nivelación vertical*

QuickTime™ and a  
TIFF (sin comprimir) decompressor  
are needed to see this picture.

**Figura A7-4.** *Nivelación horizontal*



**Figura A7-5.** *Pilas con "capping"*

Fuente: Las Autoras

## APÉNDICE A-8

### REALIZACIÓN DE ENSAYOS



**Figura A8-1.** *Prensas Universales, Nave de Ensayos Físicos del IMME*

### ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A BLOQUES Y PILAS



**Figura A8-2.** *Prensa Universal, 200 tnf*

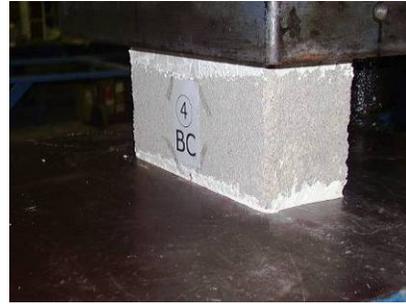


**Figura A8-3.** *Plancha rígida rectangular, rotulada*

Fuente: Las Autoras



**Figura A8-4.** *Centrado de la pila con bloques de concreto en la plataforma de ensayo*



**Figura A8-5.** *Montaje de bloque de concreto en la plataforma de ensayo*



**Figura A8-6.** *Montaje de pila con bloques de concreto en la plataforma de ensayo*

### ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A PROBETAS CÚBICAS



**Figura A8-7.** *Prensa Universal, 30 tnf*



**Figura A8-8.** *Centrado de la Probeta, en la plataforma de ensayo*

Fuente: Las Autoras

## ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL



**Figura A8-9.** *Ángulo metálico superior de 90° colocado en plancha rígida rectangular rotulada*



**Figura A8-10.** *Determinación del peso de los Muretes*



**Figura A8-11.** *Murete con ángulo inferior*



**Figura A8-12.** *Apoyo en plataforma de ensayo*



**Figura A8-13.** *Centrado de los Muretes*



**Figura A8-14.** *Elaboración del apoyo de yeso*

Fuente: Las Autoras



**Figura A8-15.** *Apoyo de yeso en ángulo inferior*



**Figura A8-16.** *Apoyo de yeso en ángulo superior*



**Figura A8-17.** *Nivelación vertical*

Fuente: Las Autoras

**APÉNDICE B**  
**CÁLCULO ESTIMADO DE LOS MATERIALES**

## APÉNDICE B

### CÁLCULO ESTIMADO DE LOS MATERIALES

#### CANTIDADES DE BLOQUES

**Tabla B-1.** *Cálculo de las cantidades de Bloques huecos de arcilla*

Ensayo	N° de Especímenes	N° de Bloques por Especímen	Total
Caracterización de unidades	5	1	5
Compresión Simple de Pilas, sin friso	5	3	15
Compresión Simple de Pilas, con espesor de 1 cm	5	3	15
Compresión Simple de Pilas, con espesor de 2 cm	5	3	15
Compresión Diagonal de Muretes, sin friso	5	24	120
Compresión Diagonal de Muretes, con friso de 1 cm	5	24	120
Compresión Diagonal de Muretes, con friso de 2 cm	5	24	120
Total de Unidades			410
Total de Unidades + 10% (Pérdidas)			451

**Tabla B-2.** *Cálculo de las cantidades de Bloques de concreto*

Ensayo	Nº de Especímenes	Nº de Bloques por Especímen	Total
Caracterización de unidades	5	1	5
Compresión Simple de Pilas, sin friso	5	3	15
Compresión Simple de Pilas, con espesor de 1 cm	5	3	15
Compresión Simple de Pilas, con espesor de 2 cm	5	3	15
Compresión Diagonal de Muretes, sin friso	5	13	65
Compresión Diagonal de Muretes, con friso de 1 cm	5	13	65
Compresión Diagonal de Muretes, con friso de 2 cm	5	13	65
Total de Unidades			245
Total de Unidades + 10% (Pérdidas)			270

**COMPONENTES DEL MORTERO**

$$\text{Área total de especímenes} = 15 * (\text{Área}_{PA} + \text{Área}_{PC} + \text{Área}_{MA} + \text{Área}_{MC})$$

$$\text{Área total de especímenes} = 15 * (0.18 + 0.24 + 1.44 + 1.00) = 42.9 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total para friso} = 5 * (\text{Área}_{PA} + \text{Área}_{PC} + \text{Área}_{MA} + \text{Área}_{MC}) * 2 \text{ caras}$$

$$\text{Área total para friso} = 5 * (0.18 + 0.24 + 1.44 + 1.00) * 2 = 28.6 \text{ m}^2$$

**Tabla B-3.** *Cálculo de los componentes del Mortero para pegar bloques*

Material	*Cantidad por m <sup>2</sup>	Área total de especímenes (m <sup>2</sup> )	Material Requerido	+Pérdidas 10%	Total
Cemento (saco)	0.3024	42.9	12.9730	1.2973	14.2703
Cal Hidratada (saco 10 Kg)	0.0302	42.9	1.2956	0.1296	1.4251
Arena amarilla (m <sup>3</sup> )	0.0259	42.9	1.1111	0.1111	1.2222

**Tabla B-4.** *Cálculo de los componentes del Mortero, para friso de espesor 1cm*

Material	*Cantidad por m <sup>2</sup>	Área total para Friso (m <sup>2</sup> )	Material Requerido	+Pérdidas 10%	Total
Cemento (saco)	0.1685	28.6	4.8191	0.4819	5.3010
Cal Hidratada (saco 10 Kg)	0.1732	28.6	4.9535	0.4954	5.4489
Arena amarilla (m <sup>3</sup> )	0.0135	28.6	0.3861	0.0386	0.4247
Arena lavada (m <sup>3</sup> )	0.0550	28.6	1.5730	0.1573	1.7303

**Tabla B-5.** *Cálculo de los componentes del Mortero, para friso de espesor 2 cm*

Material	*Cantidad por m <sup>2</sup>	Área total para Friso (m <sup>2</sup> )	Material Requerido	+Pérdidas 10%	Total
Cemento (saco)	0.3370	28.6	9.6382	0.9638	10.6020
Cal Hidratada (saco 10 Kg)	0.3464	28.6	9.9070	0.9907	10.8977
Arena amarilla (m <sup>3</sup> )	0.0270	28.6	0.7722	0.0772	0.8494
Arena lavada (m <sup>3</sup> )	0.1100	28.6	3.1460	0.3146	3.4606

\* Valores de la Guía Referencial de Costos del Colegio de Ingenieros de Venezuela, suministrados por el Prof. Norberto Fernández, Prof. del IMME, UCV

**Tabla B-6.** *Cantidades totales de los componentes del Mortero*

<b>Material</b>	<b>Total</b>
Cemento (saco)	30
Cal Hidratada (saco 10 Kg)	18
Arena Ligada (m <sup>3</sup> )	2
Arena lavada (m <sup>3</sup> )	5

## **MATERIALES PARA LA PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES PARA LOS ENSAYOS**

**Tabla B-7.** *Cantidades de materiales para la preparación de los especímenes*

<b>Material</b>	<b>Total</b>
Yeso Tipo I (saco de 30 kg)	4
Cal Hidratada en polvo (saco 8 Kg)	6

**APÉNDICE C**  
**CÁLCULOS TIPO**

## APÉNDICE C

### CÁLCULOS TIPO

#### GRANULOMETRÍA DE LAS ARENAS

Peso Total (gf) =  $\sum$  Peso retenido (gf) en cada tamiz

$$\text{Peso Total Muestra 1} = 68.8 + 69.2 + 71.0 + 63.9 + 62.0 + 50.6 + 63.5 + 50.7 = 499.7 \text{ g}$$

% Retenido (en peso) = (Peso Retenido en Tamiz (gf) / Peso Total (gf)) \* 100

$$\% \text{ Retenido Tamiz No 4 - Muestra 1} = (68.8 \text{ gf} / 499.7 \text{ gf}) * 100 = 13.8\%$$

% Pasante (en peso) = (Pasante en Tamiz (gf) / Peso Total (gf)) \* 100

$$\text{Pasante Tamiz No 4 (gf)} = \text{Peso total (gf)} - \text{Peso Retenido Tamiz No 4 (gf)}$$

$$\text{Pasante Tamiz No 4 - Muestra 1 (gf)} = 499.7 \text{ gf} - 68.8 \text{ (gf)} = 430.9 \text{ g}$$

Pasante Tamiz<sub>i</sub> (Nº 8 al Nº 200):

$$\text{Pasante Tamiz i (gf)} = \text{Pasante Tamiz anterior (gf)} - \text{Peso Retenido Tamiz i (gf)}$$

$$\text{Pasante Tamiz No 8- Muestra 1 (gf)} = 430.9 \text{ gf} - 69.2 \text{ (gf)} = 361.7 \text{ g}$$

$$\% \text{ Pasante Tamiz No 4 - Muestra 1} = (430.9 \text{ gf} / 499.7 \text{ gf}) * 100 = 86.2\%$$

$$\% \text{ Pasante Tamiz No 8 - Muestra 1} = (361.7 \text{ gf} / 499.7 \text{ gf}) * 100 = 72.4\%$$

#### DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES

##### Bloques huecos de arcilla

$$\text{Área Nominal}_{BA} \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Ancho nominal}_{BA} * \text{Largo nominal}_{BA}$$

$$\text{Área Nominal}_{BA} = 15 \text{ cm} * 30 \text{ cm} = 450 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área Bruta}_{BA} \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Ancho}_{\text{bloque}} * \text{Largo}_{\text{bloque}}$$

$$\text{Área Bruta}_{BA-1} = 14.2 * 30 = 428.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área Bruta promedio } BA \text{ (cm}^2\text{)} = (AB_{BA-1} + AB_{BA-2} + AB_{BA-3} + AB_{BA-4} + AB_{BA-5}) / 5$$

$$\text{Área Bruta promedio } BA = (428.8 + 429.0 + 439.4 + 437.8 + 429.0) / 5 = 432.8 \text{ cm}^2$$

### **Bloques de concreto**

$$\text{Área Nominal } BC \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Ancho nominal } BC * \text{Largo nominal } BC$$

$$\text{Área Nominal } BC = 15 \text{ cm} * 40 \text{ cm} = 600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área Bruta } BC \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Ancho}_{\text{bloque}} * \text{Largo}_{\text{bloque}}$$

$$\text{Área Bruta } BC-1 = 14.3 * 39.5 = 566.8 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área Bruta promedio } BC \text{ (cm}^2\text{)} = (AB_{BC-1} + AB_{BC-2} + AB_{BC-3} + AB_{BC-4} + AB_{BC-5}) / 5$$

$$\text{Área Bruta promedio } BC = (566.8 + 564.7 + 560.3 + 563.9 + 563.7) / 5 = 563.9 \text{ cm}^2$$

### **Pilas y Muretes**

$$\text{Peso por m}^2 \text{ (kgf/m}^2\text{)} = 10000(\text{cm}^2/\text{m}^2) * \text{Peso(kgf)} / (\text{Largo (cm}^2\text{)} * \text{Alto (cm}^2\text{)})$$

$$\text{Peso } PA-SF-1 \text{ por m}^2 = 10000 * 18.7 / (30.3 * 62.5) = 98.8 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Peso } MC-SF-1 \text{ por m}^2 = 10000 * 118.6 / (101.3 * 101.8) = 115.1 \text{ kgf/m}^2$$

$$\text{Peso por m}^2 \text{ promedio (kgf/m}^2\text{)} = (\sum \text{Peso}_i \text{ por m}^2) / 5$$

$$\text{Peso } MC-SF \text{ por m}^2 \text{ promedio} = (98.8 + 99.7 + 98.1 + 100.0 + 99.5) / 5 = 99.2 \text{ kgf/m}^2$$

### **Probetas cúbicas**

$$\text{Lado } \text{Probeta Cúbica} \text{ promedio (cm)} = (\sum \text{Lado}_i \text{ (cm)}) / 132 = 4.976 \text{ cm}$$

$$S \text{ (Lado) } \text{Probeta Cúbica} \text{ (cm)} =$$

$$\sqrt{(\sum (\text{Lado}_{\text{Probeta Cúbica } i} - \text{Lado}_{\text{Probeta Cúbica} \text{ promedio}})^2) / 132} = 0.10 \text{ cm}$$

$$cv \text{ (Lado) } \text{Probeta Cúbica} \text{ (\%)} =$$

$$100 * S \text{ (Lado) } \text{Probeta Cúbica} / \text{Lado } \text{Probeta Cúbica} \text{ promedio}$$

$$cv_{BA} = 100 * 0.10 / 4.976 = 2.01\%$$

$$\text{Peso Probeta Cúbica promedio (gf)} = (\Sigma \text{Peso (g)}) / 66 = 245.0 \text{ gf}$$

$$S (\text{Peso})_{\text{Probeta Cúbica (cm)}} =$$

$$\sqrt{(\Sigma (\text{Peso}_{\text{Probeta Cúbica } i} - \text{Peso}_{\text{Probeta Cúbica promedio}})^2) / 66} = 8.18 \text{ cm}$$

$$CV (\text{Lado})_{\text{Probeta Cúbica (\%)}} =$$

$$100 * S (\text{Peso})_{\text{Probeta Cúbica}} / \text{Peso}_{\text{Probeta Cúbica promedio}}$$

$$CV_{BA} = 100 * 8.18 / 245.0 = 3.34\%$$

## REALIZACIÓN DE ENSAYOS

$$\text{Carga Media (kgf)} = (\text{Carga}_1 + \text{Carga}_2 + \text{Carga}_3 + \text{Carga}_4 + \text{Carga}_5) / 5$$

$$\text{Carga Media}_{BC-1} = (10600 + 13000 + 14950 + 13800 + 10700) / 5 = 12610 \text{ kgf}$$

$$\text{Carga Media}_{PA-SF-1} = (9400 + 9850 + 7350 + 7450 + 7250) / 5 = 8260 \text{ kgf}$$

$$\text{Carga Media}_{MC-SF-1} = (6350 + 6700 + 6550 + 4900 + 4800) / 5 = 5933 \text{ kgf}$$

## Ensayos a Compresión Simple

### Bloques huecos de arcilla

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{BA} (\text{kgf/cm}^2) = \text{Carga}_{BA} / (15 * 30)$$

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{BA-1} = 17450 / (15 * 30) = 38.78 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_p_{BA} (\text{kgf/cm}^2) = (RC_{BA-1} + RC_{BA-2} + RC_{BA-4} + RC_{BA-5}) / 4$$

$$f_p_{BA} = (38.78 + 40.22 + 39.11 + 36.44) / 4 = 38.64 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{BA} (\text{kgf/cm}^2) = \sqrt{(\Sigma (RC_{BA-i} - f_p_{BA})^2) / 3}$$

$$S_{BA} =$$

$$\sqrt{((38.78 - 38.64)^2 + (40.22 - 38.64)^2 + (39.11 - 38.64)^2 + (36.44 - 38.64)^2) / 3} = 1.59 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{BA} (\%) = 100 * S_{BA} / f_p_{BA}$$

$$CV_{BA} = 100 * 1.59 / 38.64 = 4.11\%$$

**Bloques de concreto**

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{BC} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \text{Carga}_{BC} / (15 \cdot 40)$$

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{BC-1} = 10600 / (15 \cdot 40) = 17.67 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_p \text{ }_{BC} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = (RC_{BC-1} + RC_{BC-2} + RC_{BC-3} + RC_{BC-4} + RC_{BC-5}) / 5$$

$$f_p \text{ }_{BC} = (17.67 + 21.67 + 24.92 + 23.00 + 17.83) / 5 = 21.02 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{BC} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \sqrt{(\sum (RC_{BC-i} - f_p \text{ }_{BC})^2) / 4}$$

$$S_{BC} =$$

$$\sqrt{((17.67 - 21.02)^2 + (21.67 - 21.02)^2 + (24.92 - 21.02)^2 + (23.00 - 21.02)^2 + (17.83 - 21.02)^2) / 4}$$

$$= 3.20 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{BC} \text{ (\%)} = 100 \cdot S_{BC} / f_p \text{ }_{BC}$$

$$CV_{BC} = 100 \cdot 3.20 / 21.02 = 4.11\%$$

**Pilas construidas con bloques huecos de arcilla**

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{PA} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \text{Carga}_{PA} / (15 \cdot 30)$$

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{PA-SF-1} = 9400 / (15 \cdot 30) = 20.89 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_m \text{ }_{PA} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = (RC_{PA-1} + RC_{PA-2} + RC_{PA-3} + RC_{PA-4} + RC_{PA-5}) / 5$$

$$f_m \text{ }_{PA-SF} = (20.89 + 21.89 + 16.33 + 16.56 + 16.11) / 5 = 18.36 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{PA-SF} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \sqrt{(\sum (RC_{PA-SF-i} - f_m \text{ }_{PA-SF})^2) / 4}$$

$$S_{PA-SF} =$$

$$\sqrt{((20.89 - 18.36)^2 + (21.89 - 18.36)^2 + (16.33 - 18.36)^2 + (16.56 - 18.36)^2 + (16.11 - 18.36)^2) / 4}$$

$$= 2.80 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{PA} \text{ (\%)} = 100 \cdot S_{PA} / f_m \text{ }_{PA}$$

$$CV_{PA-SF} = 100 \cdot 2.80 / 18.36 = 15.23\%$$

**Pilas construidas con bloques de concreto**

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{PC} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \text{Carga}_{PC} / (15 \cdot 40)$$

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{PC-SF-1} = 7400 / (15 \cdot 40) = 12.33 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_m \text{ PC (kgf/cm}^2\text{)} = (RC_{PC-1} + RC_{PC-2} + RC_{PC-3} + RC_{PC-4} + RC_{PC-5}) / 5$$

$$f_m \text{ PC-SF} = (12.33 + 15.33 + 16.83 + 24.08 + 14.33) / 5 = 16.58 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{PC-SF} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \sqrt{(\sum (RC_{PC-SF-i} - f_m \text{ PC-SF})^2) / 4}$$

$$S_{PC-SF} =$$

$$\sqrt{((12.33 - 16.58)^2 + (15.33 - 16.58)^2 + (16.83 - 16.58)^2 + (24.08 - 16.58)^2 + (14.33 - 16.58)^2) / 4}$$

$$= 4.50 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{PC} \text{ (\%)} = 100 \cdot S_{PC} / f_m \text{ PC}$$

$$CV_{PC-SF} = 100 \cdot 4.50 / 16.58 = 27.14\%$$

**Probetas cúbicas**

$$\text{Área}_{\text{Probeta Cúbica}} \text{ (cm}^2\text{)} =$$

- $\text{Lado}_1 \cdot \text{Lado}_2$ , Si  $|(\text{Lado}_1 \cdot \text{Lado}_2) - (5.08 \cdot 5.08)| < 1.5\% (5.08 \cdot 5.08)$
- $5.08 \cdot 5.08$ , Si  $|(\text{Lado}_1 \cdot \text{Lado}_2) - (5.08 \cdot 5.08)| > 1.5\% (5.08 \cdot 5.08)$

(Según Norma COVENIN 484-93)

$$\text{Área}_{\text{Probeta Cúbica 1-A}} \text{ (cm}^2\text{)} =$$

$$\text{Lado}_1 \text{ Probeta Cúbica 1-A} = 4.863 \text{ cm}$$

$$\text{Lado}_2 \text{ Probeta Cúbica 1-A} = 5.047 \text{ cm}$$

- $\text{Lado}_1 \text{ Probeta Cúbica 1-A} \cdot \text{Lado}_2 \text{ Probeta Cúbica 1-A} = 24.543 \text{ cm}^2$
- $5.08 \cdot 5.08 = 25.806 \text{ cm}^2$

$$|24.543 - 25.806| = 1.263 > 0.015 \cdot 25.806 = 0.38709$$

$$\Rightarrow \text{Área}_{\text{Probeta Cúbica 1-A}} = 25.806 \text{ cm}^2$$

$$\text{Resistencia a la Compresión}_{\text{Probeta Cúbica}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} =$$

- $\text{Carga}_{\text{Probeta Cúbica}} / \text{Área}_{\text{Probeta Cúbica}}$

*Si  $|Carga_{\text{Probeta Cúbica}} - Carga_{\text{promedio}_1}| < 10\% Carga_{\text{promedio}_1}$*

- Se descarta este valor para el cálculo de  $f_c$

*Si  $|Carga_{\text{Probeta Cúbica}} - Carga_{\text{promedio}_1}| > 10\% Carga_{\text{promedio}_1}$*

(Según Norma COVENIN 484-93)

Resistencia a la Compresión Probeta Cúbica 1-A

- $Carga_{\text{Probeta Cúbica 1-A}} = 2160 \text{ kgf}$
- $Carga_{\text{promedio}_1} = 2077 \text{ kgf}$

$$|2160 - 2077| = 83 < 0.1 * 2077 = 207.7$$

$$\Rightarrow \text{Resistencia a la Compresión}_{\text{Probeta Cúbica 1-A}} = 2160 / 25.806 = 83.7 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{c \text{ Muestra 1}} (\text{kgf/cm}^2) = (RC_{1-A} + RC_{1-B} + RC_{1-C} + RC_{1-D} + RC_{1-E} + RC_{1-F}) / 6$$

$$f_{c \text{ Muestra 1}} = (83.7 + 76.725 + 77.888 + 88.35 + 77.113 + 79.05) / 6 = 80.471 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{\text{Muestra 1}} (\text{kgf/cm}^2) = \sqrt{(\sum (RC_{1-i} - f_{c \text{ Muestra 1}})^2) / 5}$$

$$S_{\text{Muestra 1}} =$$

$$\sqrt{\frac{((83.7 - 80.471)^2 + (76.725 - 80.471)^2 + (77.888 - 80.471)^2 + (88.35 - 80.471)^2 + (77.113 - 80.471)^2 + (79.05 - 80.471)^2)}{5}} = 4.62 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{\text{Muestra 1}} (\%) = 100 * S_{\text{Muestra 1}} / f_{c \text{ Muestra 1}}$$

$$CV_{\text{Muestra 1}} = 100 * 4.62 / 80.471 = 5.74\%$$

$$f_{cm \text{ Mortero}} (\text{kgf/cm}^2) = (f_{c \text{ M1}} + f_{c \text{ M2}} + f_{c \text{ M3}} + f_{c \text{ M4}} + f_{c \text{ M5}} + f_{c \text{ M6}}) / 5$$

$$f_{cm \text{ Mortero de pega}} = (80.471 + 78.341 + 82.072 + 79.244 + 66.779) / 5 = 77.381 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{\text{Mortero}} (\text{kgf/cm}^2) = \sqrt{(\sum (RC_{1-i} - f_{cm \text{ Mortero}})^2) / 4}$$

$$S_{\text{Mortero De pega}} =$$

$$\sqrt{\frac{((80.471 - 77.381)^2 + (78.341 - 77.381)^2 + (82.072 - 77.381)^2 + (79.244 - 77.381)^2 + (66.779 - 77.381)^2)}{4}} = 6.09 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{\text{Mortero}} (\%) = 100 * S_{\text{Mortero}} / f_{c \text{ Mortero}}$$

$$CV_{\text{Mortero De pega}} = 100 * 6.09 / 77.381 = 7.87\%$$

### **Ensayos de Compresión Diagonal**

#### **Muretes construidos con bloques huecos de arcilla**

$$\text{Resistencia al Corte}_{MA} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \text{Carga}_{MA} / (\text{Largo}_{MA} * 15)$$

$$\text{Resistencia al Corte}_{MA-SF-1} = 3140 / (122.6 * 15) = 1.71 \text{ kgf/cm}^2$$

$$v_{m \text{ MA}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = (\text{RCorte}_{MA-1} + \text{RCorte}_{MA-2} + \text{RCorte}_{MA-3} + \text{RCorte}_{MA-4} + \text{RCorte}_{MA-5}) / 5$$

$$v_{m \text{ MA-SF}} = (1.71 + 1.81 + 2.12 + 1.88 + 2.44) / 5 = 2.01 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{MA-SF} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \sqrt{(\sum (\text{RCorte}_{MA-SF-i} - v_{m \text{ MA-SF}})^2) / 4}$$

$$S_{MA-SF} =$$

$$\sqrt{((1.71-2.01)^2 + (1.81-2.01)^2 + (2.12-2.01)^2 + (1.88-2.01)^2 + (2.44-2.01)^2) / 4} = 0.28 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{MA} (\%) = 100 * S_{MA} / v_{m \text{ MA}}$$

$$CV_{MA-SF} = 100 * 0.28 / 2.01 = 14.09\%$$

#### **Muretes construidos con bloques de concreto**

$$\text{Resistencia al Corte}_{MC} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \text{Carga}_{MC} / (\text{Largo}_{MC} * 15)$$

$$\text{Resistencia al Corte}_{MC-SF-1} = 6350 / (101.3 * 15) = 4.18 \text{ kgf/cm}^2$$

$$v_{m \text{ MC}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = (\text{RCorte}_{MC-1} + \text{RCorte}_{MC-2} + \text{RCorte}_{MC-3} + \text{RCorte}_{MC-4} + \text{RCorte}_{MC-5}) / 5$$

$$v_{m \text{ MC-SF}} = (4.18 + 4.36 + 4.25 + 3.19 + 3.11) / 5 = 3.87 \text{ kgf/cm}^2$$

$$S_{MC-SF} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} = \sqrt{(\sum (\text{RCorte}_{MC-SF-i} - v_{m \text{ MC-SF}})^2) / 4}$$

$$S_{MC-SF} =$$

$$\sqrt{((4.18-3.87)^2 + (4.36-3.87)^2 + (4.25-3.87)^2 + (3.19-3.87)^2 + (3.11-3.87)^2) / 4} = 0.59 \text{ kgf/cm}^2$$

$$CV_{MC} (\%) = 100 * S_{MC} / v_{m \text{ MC}}$$

$$CV_{MC-SF} = 100 * 0.59 / 3.87 = 15.23\%$$