

Determinación de la resistencia a tensión fuera del plano de la mampostería de bloques huecos de concreto

Varela Rivera, J. L.¹, Flores Chan, R. A.², Fernández Baqueiro, L. E.¹ y Vargas Marín, G.¹

Fecha de recepción: 11 de abril de 2008 – Fecha de aceptación: 30 de marzo de 2009

RESUMEN

La falta de especificaciones técnicas que consideren las características y las propiedades de las mamposterías usadas en la región motivaron el desarrollo de un proyecto de investigación cuyo objetivo es proponer normas técnicas para el diseño y construcción de estructuras de mampostería en la Ciudad de Mérida. La primera etapa del proyecto consistió en determinar las propiedades de los bloques huecos de concreto y de los morteros típicos de la región, junto con las propiedades de la mampostería construida con ellos. En este trabajo se estudia experimentalmente el comportamiento a flexión de 43 muros de mampostería sometidos a cargas fuera del plano. Se discute el efecto de diferentes variables en la resistencia a tensión por flexión fuera del plano, se reportan los diferentes tipos de falla observados, y finalmente, se proponen valores de diseño para la resistencia a tensión por flexión fuera del plano perpendicular y paralela a las juntas.

Palabras clave: Mampostería, bloques de concreto, morteros, resistencia a tensión, cargas fuera del plano y tipos de falla.

Determination of the out of plane flexural tensile strength of masonry constructed with hollow concrete blocks

ABSTRACT

The lack of technical specifications that consider the characteristics and properties of the typical masonries used in the region motivated the development of a research project to propose technical norms for the design and construction of masonry structures in Merida City. The first part of the project consisted on obtaining the properties of concrete blocks and mortars typical of the region, together with properties of masonry walls constructed with those materials. In this work the flexural behavior of 43 masonry wall specimens subjected to out-of-plane loads is experimentally studied. A discussion on the effect of different variables in the out-of-plane flexural tensile strength is included, typical failures observed in the masonry wall specimens are presented, and finally, design values of the out-of-plane flexural tensile strength perpendicular and parallel to the bed joints are proposed.

Keywords: Masonry, concrete blocks, mortars, tensile strength, out-of-plane loading and failure modes.

¹ Profesor del Cuerpo Académico de Estructuras y Materiales, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán. E-Mail: vrivera@uady.mx

² Maestría en Ingeniería opción Estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán.

INTRODUCCIÓN

Un alto porcentaje de la vivienda en la Ciudad de Mérida se construye utilizando muros de mampostería de bloques de concreto huecos prefabricados unidos con mortero. Actualmente en la Ciudad de Mérida no se disponen de normas técnicas que consideren las propiedades de los bloques y morteros usados en las mamposterías típicas de la región. La carencia de dichas normas ha dado lugar a construcciones de mampostería que no se ajustan a normatividad alguna o, en su defecto, a construcciones que satisfacen una normatividad que no considera las características regionales de la mampostería (Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, 2004).

Para proponer normas técnicas es necesario conocer las propiedades de los bloques y los morteros, así como las propiedades de los muros de mampostería contruidos con ellos. González (2006) estudió las propiedades de bloques huecos de concreto de 15cm x 20cm x 40cm (espesor x altura x longitud) provenientes de 13 plantas, junto con las propiedades de los morteros más utilizados en la región. En su trabajo, González (2006) determinó la resistencia a compresión axial y el módulo de elasticidad de muros de mampostería contruidos con dichos bloques y morteros.

El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de muros de mampostería sujetos a cargas perpendiculares a su plano. Para este propósito se evalúa experimentalmente la resistencia a tensión por flexión fuera del plano, la cual puede definirse como perpendicular o paralela dependiendo de la dirección en la que actúan los esfuerzos de tensión con respecto a las juntas horizontales de los muros.

Las variables que afectan la resistencia a tensión por flexión fuera del plano de la mampostería son: el tipo de bloque, el tipo de mortero y la adherencia bloque-mortero. La resistencia a tensión perpendicular a las juntas está generalmente asociada a una falla por adherencia bloque-mortero, mientras que la perpendicular a una falla por adherencia bloque-mortero o a una falla combinada por adherencia bloque-mortero y tensión en los bloques (Drysdale et al., 1999). Las variables que afectan la adherencia bloque-mortero son: la cantidad de cemento y agua del mortero, el porcentaje de absorción de agua y la rugosidad de los bloques, y la mano de obra, entre otros (Drysdale et al., 1999). La adherencia bloque-mortero incrementa con un mayor cantidad de cemento en el mortero; incrementa también con una mayor cantidad de agua en el mortero, sin embargo, dicha cantidad de agua debe ser la necesaria para

obtener una buena trabajabilidad y garantizar su permanencia en el mortero después del primer contacto con el bloque (ASTM C270, 2002). Para obtener una buena adherencia bloque-mortero se recomienda usar bloques con un porcentaje de absorción de agua comprendido entre 10 y 20% (Gaceta Oficial del D.F., 2004) y un porcentaje inicial de absorción de agua (PIA) menor a 30 g/min/cm² (Drysdale et al., 1999). El valor anterior se refiere a la cantidad de agua absorbida en un minuto por una cara de un bloque con un área de 194 cm². La adherencia bloque-mortero se reduce si se tienen bloques con superficies poco rugosas o con capas de polvo; se reduce si se tiene una mano de obra deficiente caracterizada por periodos de tiempo prolongados entre la colocación del mortero y los bloques, juntas de mortero incompletas, movimientos para plomar y nivelar los bloques, y el uso de mortero endurecido.

METODOLOGÍA

Las actividades realizadas en este trabajo para determinar la resistencia a tensión por flexión fuera del plano de la mampostería fueron: (1) selección de las variables de estudio, (2) selección de los especímenes, (3) realización de pruebas de materiales, (4) construcción de especímenes, y (5) ensaye de especímenes.

Selección de variables. Se consideraron muros de mampostería contruidos con diferentes tipos de bloques y morteros. Con base en el estudio de González (2006) se seleccionaron bloques de tres plantas fabricadoras con resistencia a compresión axial promedio de 50 kg/cm², 60 kg/cm² y 102 kg/cm², respectivamente. Dichos valores cubren en general la variación de resistencia a compresión de los bloques de la región. Se consideraron morteros (cemento Pórtland: cal: arena) con la menor (1: 2: 5) y mayor (1: 2: 7) cantidad de arena por volumen debido a que sus resistencias a compresión axial varían en un 10% (González, 2006). Los bloques estudiados tienen valores similares del porcentaje de absorción de agua en 24 horas (González, 2006). La construcción de todos los especímenes se realizó con un solo trabajador experimentado de la región, evitando así la dispersión de los resultados asociada a la mano de obra.

Selección de los especímenes. Con el propósito de identificar los tipos de falla y las variables que determinan la resistencia a tensión por flexión fuera

del plano se seleccionaron inicialmente especímenes

preliminares con las características presentadas en la

Tabla 1. En esta tabla f_{pt} y f_j se refieren a los valores de la resistencia a compresión axial promedio de los bloques y de los morteros reportados por González (2006); el número de cada planta fabricadora asignado en este trabajo fue el usado por

González (2006). El ancho de los especímenes de 1.20 m se obtuvo de las recomendaciones de la Norma ASTM E-72 (1998). La longitud de los especímenes se seleccionó para que la carga de falla sea mayor o igual al 50% de la suma del peso propio del equipo de carga y del espécimen.

Tabla 1. Características de especímenes preliminares

Resistencia	Planta	f_{pt} (kg/cm ²)	Mortero	f_j (kg/cm ²)	Dimensiones (m) (Ancho x Largo)	Número de Especímenes
Perpendicular	11	50	1:2:5	40	1.20 x 1.40	3
Paralelo	4	102	1:2:7	35	1.20 x 1.60	3
	11	50	1:2:5	40		3

Basado en los resultados de los especímenes preliminares se seleccionaron especímenes finales con las características presentadas en la

bloques con paredes de las celdas menores a las reportadas por González (2006) para la planta 5. Para el caso de la resistencia a tensión perpendicular se construyó un espécimen de la planta 11 ya que se disponía de los bloques para su construcción.

Tabla 2. Para el caso de la resistencia a tensión perpendicular, la longitud de los especímenes se redujo de 1.4 a 1.0 m, debido a que las cargas de falla fueron menores al 50% descrito anteriormente. Los especímenes de la planta 5 PD se construyeron con

Tabla 2. Características de los especímenes finales

Resistencia	Planta	f_{pt} (kg/cm ²)	Mortero	f_j (kg/cm ²)	Dimensiones (m) (Ancho x Largo)	Número de Especímenes
Perpendicular	5	60	1:2:7	35	1.20 x 1.00	11
	5 PD	60	1:2:7	35		2
	11	50	1:2:7	35		1
Paralelo	4	102	1:2:7	35	1.20 x 1.60	6
	5	60	1:2:7	35		8
	11	50	1:2:7	35		6

Pruebas de materiales. Se realizaron pruebas de granulometría a los diferentes lotes de arena (ASTM C136, 2001) y pruebas de compresión axial a los bloques (NMX-C-036-ONNCCE, 2004). La resistencia a compresión axial promedio se determinó de una muestra de 5 bloques de cada una de las plantas estudiadas.

únicamente en las paredes exteriores de los bloques de acuerdo con la práctica de la Ciudad de Mérida (Figura 1). En algunos casos los bloques fueron limados para corregir irregularidades en su superficie.

Construcción de especímenes. La construcción de los especímenes se realizó en el Laboratorio de Estructuras y Materiales (LEM) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY). Los especímenes fueron contruidos sobre bases de bloques previamente niveladas. Los bloques fueron cuatrapeados utilizando mortero

Se realizaron pruebas de fluidez (NMX-C-085-ONNCCE, 2002) para verificar que los morteros tengan porcentajes de fluidez entre 110% y 125%; los valores anteriores corresponden a los observados en la práctica de la región (González, 2006). Los

especímenes se almacenaron en condiciones ambientales en el LEM de la FIUADY al menos durante 28 días antes de realizar las pruebas correspondientes. En la

Tabla 4 se presentan los detalles de construcción de los especímenes preliminares y finales, respectivamente.



Figura 1. Construcción de especímenes

Tabla 3 y

Tabla 3. Características y detalles de construcción de especímenes preliminares

Resistencia	Espécimen	Planta	Condición de los bloques	Arena	% Fluidez
Perpendicular	EP-1-PE	11	Limado	A1	119
	EP-2-PE	11	Limado	A1	120
	EP-3-PE	11	Limado	A1	121
Paralela	EP-1-PA	4	No Limado	A1	118
	EP-2-PA	4	No Limado	A1	117
	EP-3-PA	4	No Limado	A1	117
	EP-4-PA	11	Limado	A1	122
	EP-5-PA	11	Limado	A1	113
	EP-6-PA	11	Limado	A1	118

Tabla 4. Características y detalles de construcción de especímenes finales

Resistencia	Espécimen	Planta	Condición de los bloques	Arena	% Fluidez	
Perpendicular	EF-4-PE	5	No Limado	A2	122	
	EF-5-PE	5	No Limado	A2	117	
	EF-6-PE	5	No Limado	A2	113	
	EF-7-PE	5	No Limado	A2	117	
	EF-8-PE	5	No Limado	A2	119	
	EF-9-PE	5	No Limado	A2	120	
	EF-10-PE	5	No Limado	A2	119	
	EF-11-PE	5	No Limado	A2	122	
	EF-12-PE	5	No Limado	A2	127	
	EF-13-PE	5	No Limado	A2	114	
	EF-14-PE	5	No Limado	A2	124	
	EF-15-PE	5 PD	No Limado	A2	118	
	EF-16-PE	5 PD	No Limado	A2	113	
	EF-17-PE	11	Limado	A2	119	
	Paralela	EF-7-PA	5	No Limado	A2	111
		EF-8-PA	5	No Limado	A2	119
		EF-9-PA	5	No Limado	A2	108
EF-10-PA		5	No Limado	A2	121	
EF-11-PA		5	No Limado	A2	122	
EF-12-PA		5	No Limado	A2	116	
EF-13-PA		5	No Limado	A2	119	
EF-14-PA		5	No Limado	A2	114	
EF-15-PA		11	Limado	A3	112	
EF-16-PA		11	Limado	A3	119	
EF-17-PA		11	Limado	A3	111	
EF-18-PA		11	No Limado	A3	112	
EF-19-PA		11	No Limado	A3	120	
EF-20-PA		11	No Limado	A3	123	
EF-21-PA		4	No Limado	A3	114	
EF-22-PA		4	No Limado	A3	118	
EF-23-PA		4	No Limado	A3	115	
EF-24-PA		4	No Limado	A3	118	
EF-25-PA		4	No Limado	A3	125	
EF-26-PA		4	No Limado	A3	116	

Ensayo de especímenes. Los especímenes fueron ensayados en el marco de carga del LEM de la FIUADY. El sistema de ensayo utilizado consistió en dos vigas de carga y dos de reacción de acuerdo con la norma ASTM E72 (2002). Las cargas cíclicas no reversibles se aplicaron utilizando un actuador hidráulico marca “Enerpac” con capacidad de 15 toneladas y se midieron con una celda de carga marca “Honeywell”, con una capacidad de 6.8 toneladas. Los desplazamientos verticales se midieron utilizando dos sensores lineales, marca “ETI”, de 1.2 cm de longitud, colocados al centro del claro de cada

espécimen. La adquisición de datos se realizó utilizando un equipo de marca “National Instruments”. Una vista general del ensaye de los muros de mampostería se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Vista general del ensaye de muros de mampostería

RESULTADOS

Pruebas de materiales. Los resultados de la granulometría de las arenas A1, A2 y A3 (

Tabla 4) se presentan en la Figura 3. Los valores del módulo de finura para dichas arenas fueron de 3.82, 3.43 y 2.9, respectivamente. En la

Tabla 5 se presentan los espesores promedio (t) de las paredes de las celdas de los bloques donde se colocó mortero. Dichos espesores se calcularon como el promedio de las paredes exteriores de las celdas t_5 a t_{10} (Figura 4).

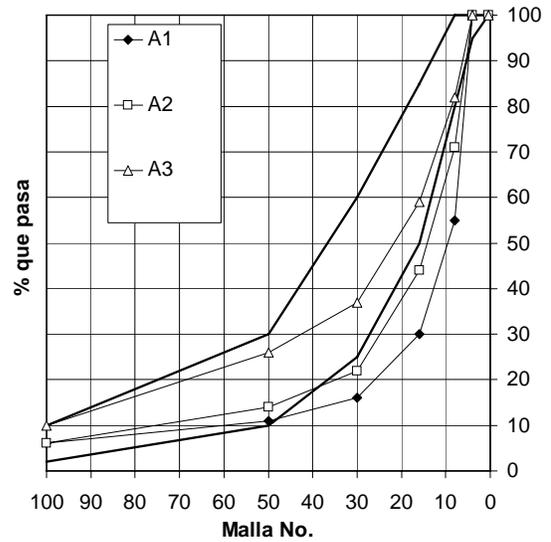


Figura 3. Resultados de granulometría de arenas

Tabla 3 y

Tabla 5. Espesores promedio de paredes de las celdas y resistencia a compresión axial de bloques

Tipo de Especímenes	Planta	Espesores t (cm)	f_p (kg/cm ²)
Preliminares	4	2.8	72
	11	2.9	40
Finales	4	2.7	63
	5	2.6	50
	5 PD	2.4	58
	11	3.0	35

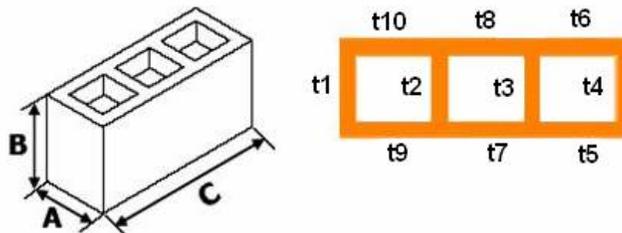


Figura 4. Nomenclatura de dimensiones de bloques

En la

Tabla 5 se presentan los valores de la resistencia a compresión axial promedio (f_p) de los bloques obtenidos en este trabajo. Dichos valores fueron calculados utilizando el área total de los bloques.

Tabla 6 se presentan los valores de la resistencia a tensión por flexión perpendicular a las juntas (f_{tpe}).

Resistencia a tensión por flexión perpendicular a las juntas. En la

Dichos valores fueron calculados utilizando la sección transversal total del muro y considerando su peso propio y el del equipo de prueba correspondiente.

Tabla 6. resistencia a tensión perpendicular a las juntas

Tipo de Especímenes	Espécimen	Planta	Mortero	f_{tpe} (kg/cm ²)
Preliminares	EP-1-PE	11	1:2:5	0.54
	EP-2-PE	11	1:2:5	0.53
	EP-3-PE	11	1:2:5	0.8
Finales	EF-4-PE	5	1:2:7	1.16
	EF-5-PE	5	1:2:7	1.37
	EF-6-PE	5	1:2:7	1.28
	EF-7-PE	5	1:2:7	1.59
	EF-8-PE	5	1:2:7	1.36
	EF-9-PE	5	1:2:7	1.51
	EF-10-PE	5	1:2:7	1.17
	EF-11-PE	5	1:2:7	1.56
	EF-12-PE	5	1:2:7	1.75
	EF-13-PE	5	1:2:7	1.18
	EF-14-PE	5	1:2:7	1.46
	EF-15-PE	5 PD	1:2:7	1.72
	EF-16-PE	5PD	1:2:7	1.26
	EF-17-PE	11	1:2:7	0.93

La falla típica observada en los especímenes preliminares y finales fue en todos los casos por adherencia bloque-mortero (Figura 5). La curva carga-desplazamiento típica de dichos especímenes se presenta en la Figura 6.

Resistencia a tensión por flexión paralela a las juntas. En la

se presentan los valores de la resistencia a tensión paralela a las juntas (f_{tpa}) junto con el tipo de falla observado en cada espécimen. Los valores de la resistencia a tensión paralela fueron calculados utilizando la sección transversal total del muro y considerando su peso propio y el del equipo de prueba correspondiente.



Figura 5. Falla típica por adherencia bloque-mortero (perpendicular a las juntas)

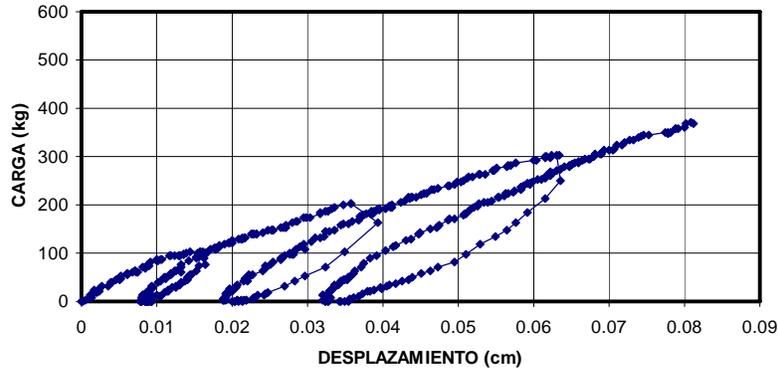


Figura 6. Curva carga-desplazamiento típica de especímenes con falla por adherencia bloque-mortero

Tabla 7. Resistencia a tensión paralela a las juntas y tipos de falla observados

Tipo de Especímenes	Especímen	Planta	Mortero	f_{tp} (kg/cm ²)	Tipo de falla
Preliminares	EP-1-PA	4	1:2:7	2.49	adherencia
	EP-2-PA	4	1:2:7	2.18	adherencia
	EP-3-PA	4	1:2:7	2.22	adherencia
	EP-4-PA	11	1:2:5	2.82	combinada
	EP-5-PA	11	1:2:5	2.16	combinada
	EP-6-PA	11	1:2:5	2.45	combinada
Finales	EF-7-PA	5	1:2:7	4.62	combinada
	EF-8-PA	5	1:2:7	5.19	combinada
	EF-9-PA	5	1:2:7	4.32	combinada
	EF-10-PA	5	1:2:7	5.22	combinada
	EF-11-PA	5	1:2:7	5.43	combinada
	EF-12-PA	5	1:2:7	4.83	combinada
	EF-13-PA	5	1:2:7	3.13	combinada
	EF-14-PA	5	1:2:7	3.1	combinada
	EF-15-PA	11	1:2:7	4.3	combinada
	EF-16-PA	11	1:2:7	5.05	combinada
	EF-17-PA	11	1:2:7	3.8	combinada
	EF-18-PA	11	1:2:7	4.31	combinada
	EF-19-PA	11	1:2:7	4.39	combinada
	EF-20-PA	11	1:2:7	4.69	combinada
	EF-21-PA	4	1:2:7	2.74	adherencia
	EF-22-PA	4	1:2:7	3.12	adherencia
EF-23-PA	4	1:2:7	2.84	adherencia	
EF-24-PA	4	1:2:7	2.89	adherencia	
EF-25-PA	4	1:2:7	3.33	adherencia	
EF-26-PA	4	1:2:7	2.45	adherencia	



Figura 7. Falla típica por adherencia bloque-mortero (paralela a las juntas)



La falla típica por adherencia bloque-mortero y la falla típica combinada adherencia bloque-mortero y tensión de bloques de los especímenes se presentan en la Figura 7 y , respectivamente.

La curva carga-desplazamiento típica de los especímenes con una falla por adherencia bloque-mortero (paralelo a las juntas) se presenta en la Figura 9. Similarmente la curva carga-desplazamiento típica de los especímenes con una falla combinada adherencia bloque-mortero y tensión de bloques (paralelo a las juntas) se presenta en la Figura 10.

Figura 8. Falla típica combinada adherencia bloque mortero y tensión de bloques (paralela a las juntas)

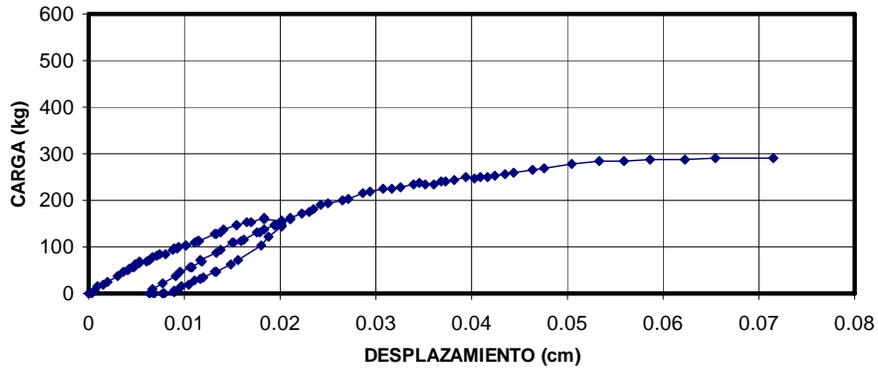


Figura 9. Curva carga-desplazamiento típica de especímenes con falla por adherencia bloque-mortero (paralelo a las juntas)

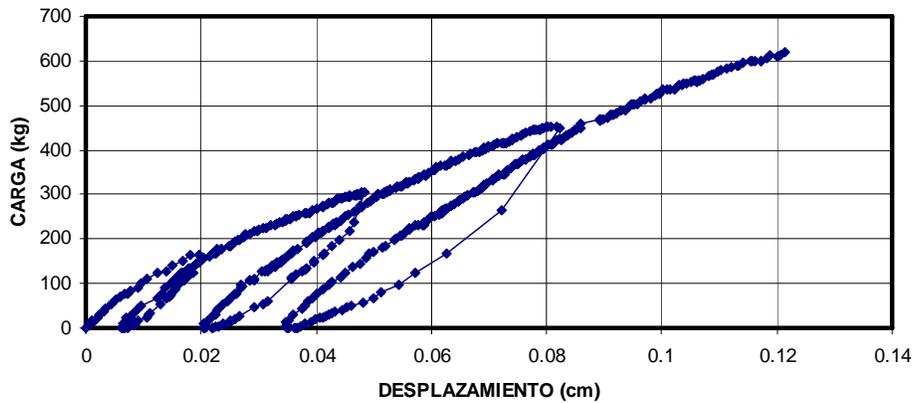


Figura 10. Curva carga desplazamiento típica de especímenes con falla por adherencia bloque-mortero y tensión de bloques (paralelo a la juntas)

DISCUSIÓN

Materiales. La curva obtenida del análisis granulométrico para la arena A1 (Figura 3) se encuentra por debajo del límite inferior recomendado. Dicha arena se utilizó en este estudio ya que su análisis granulométrico se realizó posteriormente a la construcción de los especímenes preliminares. Las curvas granulométricas obtenidas para la arena A2 y A3 se encuentran en general contenidas entre los

límites recomendados. Los tres lotes de arena utilizados en este trabajo fueron obtenidos de proveedores típicos de la Ciudad de Mérida, por lo tanto, existe la posibilidad de que se usen regularmente arenas similares a las de este trabajo en las obras de dicha ciudad.

Tabla 2 y

Tabla 5 se observa que los valores de la resistencia a compresión axial reportada por González (2006) f_{pt} y las obtenidas en este trabajo f_p fueron en general diferentes, en particular para las plantas 4 y 11;

En la aparentemente dichas plantas fabrican actualmente bloques con las resistencias presentadas en la Tabla 5.

Resistencia a tensión por flexión perpendicular a las juntas. Los valores de la resistencia a tensión por flexión perpendicular a las juntas varían de 0.53 kg/cm² a 1.75 kg/cm² (

Tabla 6). En dicha tabla se observa que el valor promedio de la resistencia de los especímenes preliminares es el 43% del obtenido para los especímenes finales. Dicha diferencia se atribuye, por un lado, a que los bloques de los especímenes preliminares fueron limados (

Planta	PIA C1 y C2 (g/min/cm ²)	PIA C3 y C4 (g/min/cm ²)
4	16.47	17.35
5	17.22	29.04
11	63.95	96.83

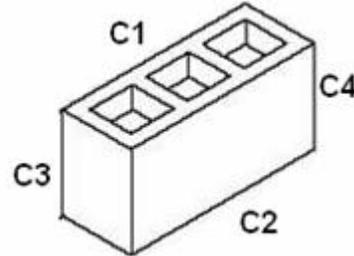


Figura 11. Caras de los bloques donde se determinaron los PIA

Tabla 3 y

Tabla 4). El limado aparentemente redujo la rugosidad de las caras de los bloques, y por tanto, la correspondiente adherencia bloque-mortero. Por otro lado, se realizaron pruebas de PIA a los bloques las cuales inicialmente no estaban contempladas en el trabajo (Tabla 8). Las pruebas se realizaron para la cara inferior C1 y superior C2, así como para las caras laterales C3 y C4 de los bloques de acuerdo con la norma ASTM C67 (2003).

Tabla 8. Porcentaje inicial de absorción de agua (PIA) de bloques

En la Tabla 8 se observa que los bloques de los especímenes preliminares (planta 11) presentan un valor del PIA mayor que 30 g/min/cm²; lo anterior indica que dichos bloques absorbieron una mayor cantidad de agua del mortero, por tanto se pudo reducir la adherencia bloque-mortero, ya que no fueron humedecidos durante la construcción.

En la Figura 12 se presenta la variación de la resistencia a tensión perpendicular y paralela a las juntas en función del porcentaje de fluidez de los especímenes. En dicha figura se presentan las correspondientes líneas de tendencia de los grupos de resistencias obtenidas de una regresión lineal. En la Figura 12 se observa que la resistencia a tensión perpendicular y paralela a las juntas tiende a aumentar conforme se aumenta el porcentaje de fluidez, para el intervalo de fluideces estudiado en este trabajo.

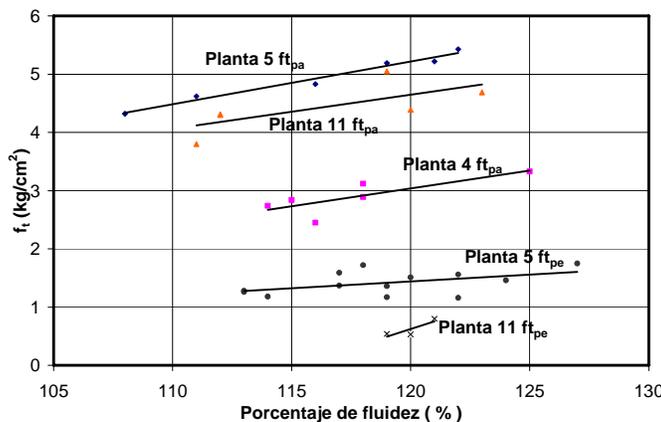


Figura 12. Variación de la resistencia a tensión perpendicular a las juntas en función del porcentaje de fluidez

En la Figura 13 se presentan los valores de la resistencia a tensión por flexión perpendicular a las

juntas en función de la resistencia a compresión axial de los bloques (f_p).

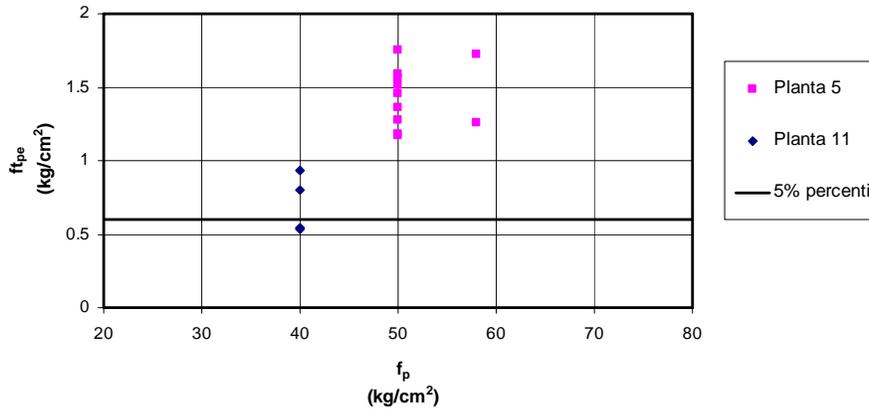


Figura 13. Valores de la resistencia a tensión perpendicular

En la Figura 13 se representa con una línea horizontal el valor del 5% percentil (0.63 kg/cm^2) que resulta de asumir que los valores de la resistencia a tensión anteriores se ajustan a una distribución normal. En este trabajo se recomienda un valor de diseño de 0.6 kg/cm^2 para la resistencia a tensión por flexión fuera del plano perpendicular a las juntas. Se recomienda un valor conservador de diseño debido a la alta variación de la resistencia observada en este trabajo.

En la Figura 6 se observa que la envolvente de la curva carga-desplazamiento de los especímenes con falla por adherencia bloque-mortero (perpendicular a las juntas) es aproximadamente una línea recta, lo anterior indica que cada espécimen al alcanzar su máxima resistencia, se agrieta y falla súbitamente. Adicionalmente en dicha figura se observa que cuando el espécimen se descarga no regresa a su posición inicial, por tanto tiene un desplazamiento permanente desde la primera descarga; dicho

desplazamiento aumenta con los ciclos consecutivos de carga.

Resistencia a tensión por flexión paralela a las juntas. Los valores de la resistencia a tensión paralela a las juntas varían de 2.16 kg/cm^2 a 5.43 kg/cm^2 (). El valor promedio de la resistencia a tensión paralela a las juntas de los especímenes con falla por adherencia bloque-mortero es el 65% del obtenido para los especímenes con el tipo de falla combinada. Para dichos especímenes la falla por adherencia bloque-mortero no se esperaba a un valor de resistencia menor que el obtenido para los especímenes con el tipo de falla combinada. Una de las posibles razones es que los bloques de la planta 4 son menos rugosos que cualquiera de los otros bloques estudiados. En la Figura 14 se presentan secciones de $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ de los bloques de las planta 4 y 11, respectivamente. Dichas fotografías son ampliaciones de las reales.

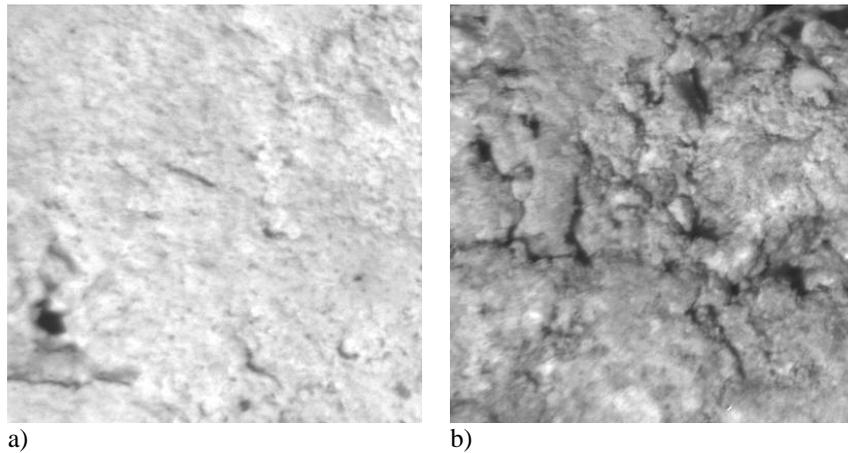


Figura 14. Rugosidad de bloques a) planta 4 y b) planta 11

En la Figura 15 se presentan los valores de la resistencia a tensión por flexión paralela a las juntas

en función de la resistencia a compresión axial de los bloques (f_p). En esta figura se representa con una

- ASTM E 72 (2002). "Standard Test Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction", American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (2004), "Reglamento de Construcciones del Municipio de Mérida".
- Drysdale R. G., Hamid A. A., Baker L. R. (1999). "Masonry Structures: Behavior and Design", The Masonry Society, Boulder Colorado 80304, USA.
- Gaceta Oficial del D. F. (2004), "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería".
- González Torres V. J. (2006) "Determinación de la resistencia a compresión axial de la mampostería de bloques de concreto usada en Yucatán". Tesis de Maestría en Ingeniería opción Construcción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- NMX-C-036-ONNCCE (2004). "Industria de la construcción - Bloques, tabiques o ladrillos, tabicones y adoquines- Resistencia a la compresión - método de prueba", Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F.
- NMX-C-085-ONNCCE (2002), "Industria de la construcción -Cementos Hidráulicos- Método estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulico", Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., México D. F.

Este documento se debe citar como:

Varela Rivera, J. L., Flores Chan, R. A., Fernández Baqueiro, L. E. y Vargas Marín, G. (2009). **Determinación de la resistencia a tensión fuera del plano de la mampostería de bloques huecos de concreto**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 13-1, pp. 13-23, ISSN: 1665-529X