



Determinación de la calidad de los tabicones no estructurales de la manufacturera Zoquite en Guanajuato Capital

Determination of the quality of the non-structural pumice bricks of the Zoquite manufacturing company in Guanajuato Capital

Luis Elías Chávez Valencia^{1*} , Francisco José Luna Rodríguez¹ , Elia Mercedes Alonso Guzmán² ,
Hugo Luis Chávez García² 

¹ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Historial

Manuscrito recibido: 25 de julio de 2024

Manuscrito aceptado: 11 de octubre de 2024

Manuscrito publicado: diciembre 2024

*Autor para correspondencia

Luis Elías Chávez Valencia

e-mail: lechavez@ugto.mx

ORCID: 0000-0003-0830-7747

Resumen

La empresa Zoquite es una manufacturera de vibrocomprimidos ubicada en la ciudad de Guanajuato, en cuyo taller se elaboraron tabicones ligeros con relaciones agua-cemento de 1.0 y 1.2 de forma casi artesanal, los cuales fueron curados en la cámara de fraguado de la Universidad de Guanajuato. Así mismo, muestras representativas de los insumos materiales se transportaron al laboratorio para su análisis, encontrando que cumplen con las especificaciones de la normativa, excepto que la pomacita presenta granos de mayor tamaño que 3/8" lo que confiere al tabicón una textura porosa que influyó en la forma de falla. En los tabicones ligeros caracterizados en conformidad con las normas NMX y ASTM se observó que el agua de mezclado tiene un efecto marcado en las absorciones y la contracción, ya que su racionamiento se realiza concibiendo la necesidad de agua para el acomodo por vibrocompresión y no tanto para hidratación del cemento Portland, condición que redundó en una resistencia a compresión simple que se presentó mermada para los primeros días del curado, pero que superó la especificación normativa de 3.43 MPa a los 28 días de edad, efecto que no es tan marcado en la bachada de mayor contenido de agua. Así pues, el control de calidad de los tabicones ligeros manufacturados por Zoquite, aun cuando son elaborados de forma empírica y casi artesanal cumplen con los requisitos establecidos en la normativa NMX C-441-2013.

Palabras clave: Calidad, prefabricados, manufactura, vibrocompresión, pomacita.

Abstract

The Zoquite company is a vibrocompressed manufacturer located in the city of Guanajuato, in whose workshop pumice bricks with water-cement ratio of 1.0 and 1.2 were produced in a quasi-artisanal manner, which were cured in the curing chamber of University of Guanajuato. Likewise, representative samples of the raw materials were transported to the laboratory for analysis, finding that they complied with the specifications of the standards, except that the pumice has grains higher than 3/8", which generated a porous texture in the brick that had influence in the failure path. In the pumice bricks that were characterized in accordance with the NMX and the ASTM standards, it was observed that the mixing water has a marked effect on the absorptions and contraction since its rationing is carried out considering the need of water for the accommodation by vibrocompression and not so much for hydration of Portland cement, a condition that resulted in a simple compression resistance that was reduced for the first days of curing, but at 28 days of curing it was higher than the standard limit of 3.43 MPa, an effect that is not as marked in the batch with the highest water content. Thus, the quality control of the pumice bricks manufactured by Zoquite, even when they are produced empirically and almost by hand, got the requirements established in the standards.

Keywords: Quality, bricks, manufacturing, vibrocompression, pumice.

Introducción

El tabicón es un elemento prefabricado en forma de prisma cuadrangular sólido elaborado de una mezcla de agregados finos y gruesos, y en algunos casos con aditivos que son homogenizados, amasados y vibrocomprimidos en talleres casi artesanales. En el corredor industrial Irapuato-Guanajuato-Silao-León, el tabicón es preferido por sobre el tabique no solo porque genera mayores volúmenes de obra debido a su rendimiento por metro cuadrado, sino también por el impulso de los gobiernos municipales que en coalición con los estatales están promocionando el uso de vibrocomprimidos como una forma indirecta de disminuir la contaminación que consideran, generan las ladrilleras. Así pues, los tabicones son importantes en la edificación de viviendas, y el mercado ha dado pauta para el desarrollo de piezas en distintos tamaños, colores y materiales, así mismo, diversos factores del entorno de la industria de la construcción han limitado la promoción de un proceso industrial que redunde en una mejor calidad de producto, por lo que el tabicón sigue siendo producido en talleres, tal como el de Zoquite (Chávez Valencia, 2023), pues es la forma que dicha actividad económica sigue siendo rentable.

La calidad como elemento integral de la competitividad empresarial (Luna-Altamirano *et al.*, 2021) está constituida por el producto, el proceso y la atención al cliente, esta investigación se centró en la calidad del producto, en el entendido que las otras dos calidades están relacionadas y son trascendentales, pero por el alcance de este estudio se acotó solo al tabicón ligero empleado sin fines estructurales; para lo cual se analizaron las propiedades de las materias primas y del tabicón resultante con base a las normas mexicanas sin carácter de obligatoriedad, denominadas NMX, y a las American Standard for Testing and Materials (ASTM). Así pues, siendo el tabicón ligero ampliamente usado en la industria de la construcción en Guanajuato capital por su rendimiento y facilidad de transporte, pero con una alta dependencia de la obra de mano, la determinación de la calidad de dicho producto prefabricado es trascendental y se presenta a continuación.

Metodología

Las materias primas empleadas para la elaboración son la pumicita, o vidrio volcánico, roca ígnea extrusiva, también se llama espuma volcánica, y en Guanajuato se le suele llamar pomacita y el cemento Portland hidráulico. Para la caracterización del agregado

pétreo se determinaron sus propiedades físicas: granulometría, peso volumétrico, peso específico y porcentaje de absorción, y la humedad actual; para el cemento hidráulico se determinó: gravedad específica, consistencia normal y tiempo de fraguado. Después se elaboraron los tabicones en el taller de Zoquite con dos relaciones agua-cemento (A/C) de 1.0 y 1.2; una vez transcurrido el periodo de curado, se cuantificó la calidad del producto de conformidad a las NMX y ASTM para 7, 14 y 28 días de edad de curado.

Agregado pétreo

La granulometría se evaluó a través del método ASTM C136/C136M -19 (ASTM, 2019) donde se pasó una muestra representativa de pomacita por los tamices establecidos en la norma, para conocer la distribución de los diámetros de las partículas, posteriormente fue graficado y analizado con respecto a las especificaciones para concreto hidráulico ligero de la norma C330/C330M-23 (ASTM, 2023) debido a que los tabicones pueden idealizarse como material compuesto con matriz cementicia que aglomera agregado ligero. Para la masa volumétrica seco-suelto (MVSS), y masa volumétrica seca-varillada (MVSV) se empleó la norma ASTM C29/C29M-23 (ASTM, 2023) que permite determinar el peso por unidad de volumen cuando la pomacita se encuentra en estado natural seco-suelto, y seco-varillado, respectivamente. Para la absorción y peso específico del agregado pétreo fino se empleó la norma ASTM C128-22 (ASTM, 2022) y para la pomacita gruesa se empleó la ASTM C127-15 (ASTM, 2015), que permitió la evaluación de la relación entre la masa de la pomacita y la masa de un volumen de agua igual al volumen de las partículas del agregado pétreo, además, la prueba se realiza cuando el agregado se encuentra en una condición de superficie saturada y seca, momento en que se determinó la absorción. Finalmente, la humedad actual se evaluó mediante la norma ASTM C566-19 (ASTM, 2019) que permite determinar el contenido de humedad de la pomacita al momento que es empleada en la preparación de la mezcla y permite realizar los ajustes necesarios en el agua de amasado.

Cemento portland

La gravedad específica del cemento hidráulico se determinó con el frasco de Le Chatelier según la ASTM C188-17 (ASTM, 2023) que es el peso del cemento por unidad de volumen sin considerar los vacíos del cemento. La consistencia normal del cemento hidráulico

se evaluó con ASTM C187-23 (ASTM, 2023) que es la cantidad de agua necesaria para que la aguja de 1 cm de diámetro del aparato de Vicat penetre $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ a la pasta de cemento, durante 30 segundos. Para el tiempo de fraguado se empleó la norma ASTM C191-21 (ASTM, 2021) por el método de la aguja de Vicat.

Elaboración y curado

Los niveles de dosificación se establecieron con una visita a las instalaciones del taller (bloquera) de Zoquite, observando que la relación AC de 1.2 producía piezas con matriz cementicia segregada con respecto a los agregados pétreos por un aparente exceso de agua, por lo que se decidió conocer las propiedades de los tabicones resultantes de la relación A/C= 1.0. La dosis de materiales empleada por la empresa Zoquite es empírica, pero la ha afinado conforme a la experiencia en la elaboración de tabicones ligeros por más de una década, dicha proporción para producir 50 piezas está formada por 26 paladas de pomacita gruesa (140 litros), 4 paladas de pomacita fina (20 litros), 25 litros de CPC 30R para 30 y 25 litros de agua que resultan en A/C de 1.2 y 1.0, respectivamente. Para la elaboración de los tabicones, la mitad del total de la dosis de materiales fue colocada paulatinamente en una mezcladora de paletas y agitada por 5 minutos, después se colocó lentamente la otra mitad para ser agitada por otros 5 minutos más.

Una vez que el material fue homogenizado, fue vaciado al pie de la vibrocompresora para que los tabicones fueran manufacturados como sigue: 1. Se colocó una tarima de madera bajo el molde hembra (10 huecos) y estos dos sobre la mesa vibratoria, verificando que tanto la tarima como el molde estuvieran fijos en las muescas; 2. Se llenaron los moldes en tres capas ayudando con la mano para el acomodo del material, además, en cada una de las capas se dio un preacomodo con una vibración ligera (1 a 2 segundos), y al finalizar el llenado se procuró dejar el molde colmado; 3. Se colocó el apisonador (molde macho) sobre el molde hembra, y se vibrocompactó el material durante 5 a 10 segundos; 4. Se levantó

el apisonador para despegar el molde hembra, quedando los tabicones depositados en la tarima de madera; y 5. Se retiró la tarima de madera con los tabicones y se llevó al sitio de curado.

El método de curado convencional consiste en cubrir los tabicones con una frazada de hule durante un periodo de 24 horas continuas, para posteriormente retirar la cubierta y dejarlos a la intemperie hasta ser comercializados, no obstante, este método puede tener un impacto negativo sobre las propiedades de los tabicones, por lo que para esta investigación, las muestras fueron llevadas el cuarto de curado en las instalaciones de la Universidad de Guanajuato con un 90% de humedad relativa y $21 \text{ }^\circ\text{C}$ de forma constante.

La calidad de los tabicones se determinó con base a las especificaciones de las normas NMX-C-441-2013 para tabicones de uso no estructural para 7, 14 y 28 días de curado, para lo cual, las dimensiones y el peso volumétrico de los tabicones se evaluaron conforme a NMX-C-038-2013, la contracción con NMX-C-024-2012, el acabado con NMX-C-441-2013, la humedad actual se determinó como el agua contenida en el tabicón después de ser sacado del curado y permanecer 24 horas a la intemperie y a partir de esa condición se evaluó la absorción y absorción inicial con NMX-C-037-2013, la resistencia compresión simple con NMX-C-036-2013, y también se evaluó la resistencia a flexión con la ASTM C293/C293M-16 (ASTM, 2016) esta propiedad solo es imprescindible en los tabicones para uso estructural.

Resultados y discusión

Insumos materiales. Pomacita

La pomacita es el geomaterial natural, un producto ígneo extrusivo o una espuma volcánica, que la empresa Zoquite trae desde el municipio de Ezequiel Montes en Querétaro; dicho material presenta dos tipos de textura y estructura, una de ellas más fina que la otra, por lo que se denominaron pomacita gruesa (G) y

Tabla 1. Propiedades básicas de la pomacita.

Pomacita	MVSS (kg/m^3)	MVSV (kg/m^3)	Masa volumétrica (kg/m^3)	Humedad actual (%)	Peso específico (kg/m^3)	Absorción (%)
Gruesa	691.35	765.07	751.34	11.75	1200	26.30
Fina	1141.3	1245.5	751.34	6.74	1810	36.36

fina (F), respectivamente. En la **Tabla 1**, se muestran los resultados de la caracterización de las propiedades de la pomacita. Además, se determinó el valor de la masa volumétrica del agregado pétreo de una muestra representativa en la bachada empírica tradicionalmente empleada por Zoquite que consisten en 26 paladas de pomacita gruesa y 4 paladas de la fina. De la **Tabla 1** se puede observar que la masa volumétrica es 751.34 kg/m³, menor de 1050 kg/m³ que es el límite superior en las especificaciones de NMX C-299-2010 para ser considerado material pétreo ligero; así mismo, el peso específico y la humedad de absorción de la pomacita fina es mayor que la pomacita gruesa. La abundancia de material fino incrementa la demanda de lechada por el área superficial, incrementando la masa volumétrica, la proporción estudiada es G/F= 6.5 en peso/masa.

En la **Tabla 2** se muestra la granulometría de la pomacita gruesa y de la fina, así mismo se ilustra la granulometría de los límites de la ASTM C330/C330M-23 que son los tamaños recomendados para concreto hidráulico ligero, lo anterior debido a que la morfología del agregado pétreo tiene alta influencia sobre las propiedades de los materiales con matriz cementicia (León, 2010), y al no existir especificaciones normadas al respecto, se empleó la relativa a concreto hidráulico ligero. Así mismo, en la **Tabla 2** se observa la granulometría de pomacita empleada en la bachada sin cribar y cribada por la malla 3/8” que es el valor máximo

en las especificaciones de la ASTM C330/C330M-23. Los resultados de la distribución granulométrica y de los límites se ilustran en el **Figura 1**.

De la **Figura 1** se puede observar que la distribución granulométrica de las pomacita fina y gruesa no están dentro de los límites recomendados en la especificación ASTM C330/C330M-23, respectivamente, lo que indica que los tamaños son tendientes a la zona de finos y de gruesos, que es coincidente con la primera observación de la morfología del insumo pétreo. Además, al realizar la determinación de la distribución de granos de la bachada empírica que tradicionalmente ha sido empleada por Zoquite (bachada sin cribar) se observa en la gráfica que dicho material se encuentra dentro de los límites de la especificación ASTM C330/C330M-23, pero tiene presencia de tamaños mayores a 3/8” lo que podría tener consecuencia sobre la textura del tabicón ligero.

Finalmente, para determinar la distribución de la bachada con tamaño máximo de 3/8”, esta se cribó y se puede identificar en la **Figura 1**, donde se observa que la mitad de su curva granulométrica presenta la presencia excesiva de material fino, lo que podría ser negativa en la calidad del tabicón ligero. Así, del análisis granulométrico se tiene dos tipos de insumo pétreo, el primero donde el material se cribó se tiene mayor contenido de material fino lo que redundaría en una mayor área superficial que requiere mayor contenido de cemento para tener

Tabla 2. Granulometría de la pomacita gruesa y fina.

Malla	Abertura	% que pasa Gruesa	% que pasa Fina	% que pasa bachada sin cribar	% que pasa bachada cribada	Límite inferior	Límite superior
1»	25.4	98.95	99.69	99.04	100.00		
3/4»	19.1	97.05	99.69	97.40	100.00		
1/2»	12.7	92.69	96.12	93.14	100.00	100.00	100.00
3/8»	9.52	87.04	92.28	87.74	98.82	90.00	100.00
1/4»	6.35	73.96	85.31	75.47	95.09		
No. 4	4.76	65.75	80.51	67.71	90.74	65.00	90.00
No. 8	2.36	31.40	60.51	35.28	73.62	35.00	65.00
No. 16	1.18	16.91	48.71	21.14	53.48		
No. 30	0.60	7.36	33.76	10.87	36.06	10.00	25.00
No. 50	0.255	3.02	23.09	5.69	21.78	5.00	15.00
No.100	0.15	1.13	11.67	2.53	16.44		
No.200	0.075	0.19	1.86	0.41	9.44		
Charola	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

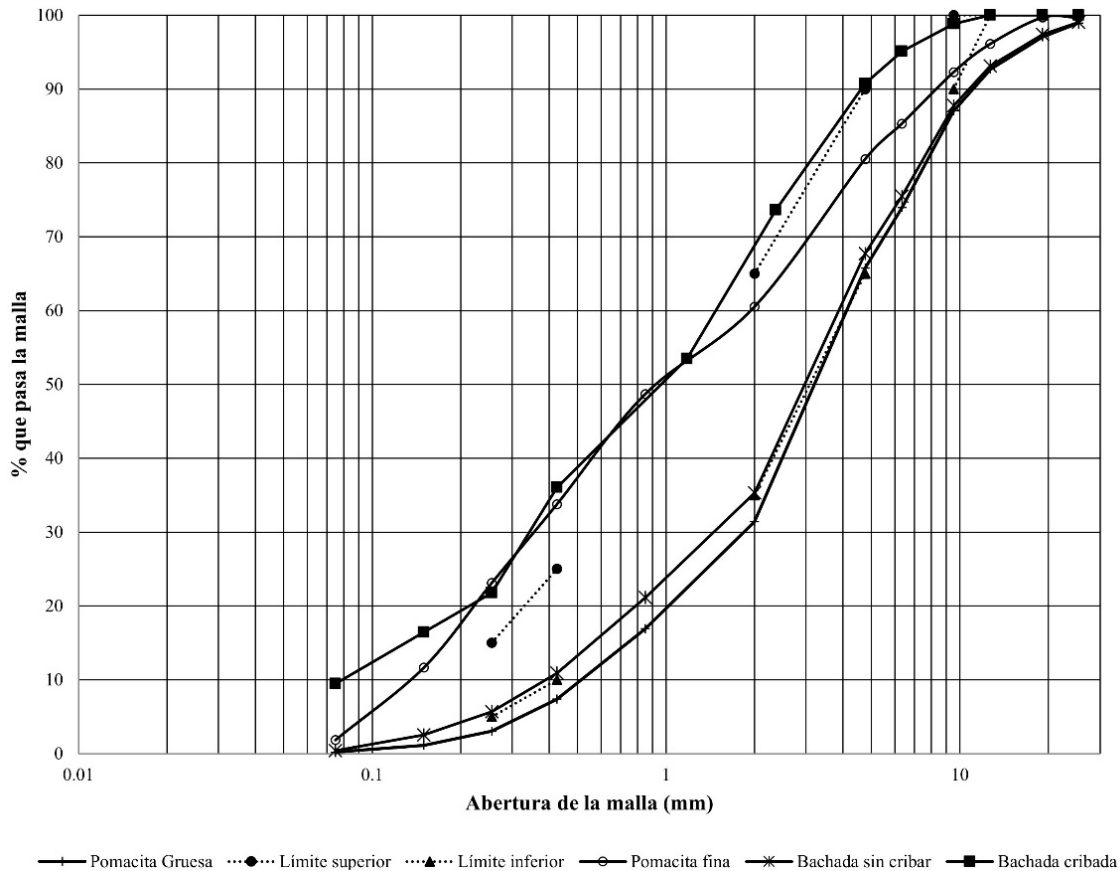


Figura 1. Distribución granulométrica de la pomacita y los límites de ASTM C-330/C330M-23

una pasta rica que aglomere a los granos finos; en contraste cuando la pomacita no es cribada presenta tamaños mayores al máximo por lo que requiere menor contenido de cemento, pero la presencia de esos tamaños granulométricos modifica su

compacidad relativa y otorga una textura granular al producto final (Figura 2), que incide sobre la forma de la fractura que en general fue por aplastamiento y no por cortante como se esperaría en esos elementos prismáticos.

Los resultados previos de la elaboración de estas piezas condujeron a la decisión de adicionar la pomacita sin cribar en la proporción empírica empleada por Zoquite que consiste en 26 paladas de pomacita gruesa, 4 paladas de pomacita fina, 25 litros de cemento CPC 30R y 30 litros de agua ($A/C = 1.2$) dando un rendimiento de 50 piezas de tabicón ligero no estructural de dimensiones nominales de 7x14x28 centímetros. Así mismo, se



Figura 2. Textura del tabicón ligero empleando la dosis y granulometría tradicional.

Tabla 3. Propiedades del CPC 30R empleado por Zoquite.

Propiedad	Resultado	Límite inferior	Límite superior
Gravedad	3.15 g/cm ³	3.1 g/cm ³	3.2 g/cm ³
Consistencia normal	29.5%	23%	33%
Fraguado inicial	75 minutos	45 minutos	-----
Fraguado final	780 minutos	600 minutos	-----

elaboraron otras 50 piezas constituidas por 26 paladas de pomacita gruesa, 4 paladas de pomacita fina, 25 litros de cemento CPC 30R y 25 litros de agua ($A/C = 1.0$).

Insumos materiales. Cemento portland

Las propiedades del cemento portland (CPC 30R) empleado por la empresa Zoquite se muestran en la

Tabla 3, se observa que cumple con las especificaciones en concordancia con la NMX C-414-2017, por lo que se continuó con su uso en la producción de los tabicones ligeros.

Propiedades físicas y mecánicas de los tabicones

La cantidad de tabicones ligeros resultantes por la

Tabla 4. Dimensiones y contracción de los tabicones para 7, 14, 28 días para $A/C = 1.2$.

	Largo	Ancho	Alto	Norma
7 días				
Dimensiones (cm)	28.03	13.97	8.98	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.49	0.59	0.56	NMX C-024-2012
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	
14 días				
Dimensiones (cm)	27.98	14.30	9.00	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.38	0.32	0.35	NMX C-024-2012
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	
28 días				
Dimensiones (cm)	28.10	14.09	9.07	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.21	0.27	0.29	
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	

Tabla 5. Dimensiones y contracción de los tabicones para 7, 14, 28 días para $A/C = 1.0$.

	Largo	Ancho	Alto	Norma
7 días				
Dimensiones (cm)	28.3	15.08	10.3	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.49	0.46	0.48	NMX C-024-2012
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	
14 días				
Dimensiones (cm)	28.35	14.90	10.36	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.28	0.23	0.22	NMX C-024-2012
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	
28 días				
Dimensiones (cm)	28.1	14.9	10.1	NMX C-038-2013
Límite máximo (cm)	30	10 a 30	15	
Contracción (%)	0.19	0.19	0.14	
Límites (%)	<0.065	<0.065	<0.065	

bachada fue de 50 piezas, pero para esta investigación se seleccionaron 36 piezas para ser probadas 12 piezas a cada una de las 3 edades mencionadas, y los resultados se muestran en las **Tablas 4-8**.

Las dimensiones promedio de los tabicones cumplen para elementos no estructurales tales como muros colindantes, bardas o muros diafragma; aunque las dimensiones de las piezas están dentro de los límites, sus valores presentan variación debido al estado de los moldes. En las **Tablas 4 y 5** se aprecia que todas las piezas para cualquier dosificación y edad no cumplen con la contracción máxima de 0.065%, es decir, los tabicones tienen una contracción plástica alta generalmente asociado al proceso de curado (Maurello *et al.*, 2020): además se observa que la contracción disminuye conforme llega a 28 días de curado y este valor es mayor en la bachada donde se emplea más agua.

La **Tabla 6** muestra los resultados de la apariencia de los tabicones no estructurales para cualquier edad y relación A/C, como se puede observar que en concordancia con la NMX C-441-2013, no presentan irregularidades.

La **Tabla 7** muestra el peso volumétrico, la humedad y las absorciones de los tabicones para las dos relaciones A/C y para las 3 edades de prueba. En dicha tabla se puede observar que los pesos volumétricos para ambas relaciones A/C no tienen diferencias significativas, pero conforme envejecen dichos valores disminuyen debido a la pérdida del agua de mezclado durante el curado (Vargas *et al.*, 2006), por ser piezas no estructurales no se tienen limitantes para esta propiedad. La humedad actual, la absorción y succión inicial se incrementaron conforme al incremento de la edad de curado; se puede observar que la humedad fue mayor debido a las condiciones de curado, y el incremento en la absorción

Tabla 6. Apariencia de los tabicones ligeros.

	Seccionadas	Defectos	Velos	Apariencia
Límites	Dos piezas	Grietas, ampollas y otros defectos	Diferencia de color	Sin imperfecciones a 3 metros de observación
A/C =1.0				
Acabado	Sin irregularidades	Sin irregularidades	Sin irregularidades	Sin irregularidades
A/C =1.2				
Acabado	Sin irregularidades	Sin irregularidades	Sin irregularidades	Sin irregularidades

Tabla 7. Masa volumétrica y humedad de los tabicones.

	A/C = 1.0	A/C = 1.2	Límite	Norma
7 días				
Masa volumétrica (gr/cm ³)	1.230	1.278		NMX C038-2013
Humedad actual (%)	8.6	6.10	<5%	NMX C037-2013
Absorción (%)	10.6	10.53	<25%	NMX C037-2013
Absorción inicial (%)	5.2	4.79	<5 gr/min	NMX C404-2012
14 días				
Masa volumétrica (gr/cm ³)	1.16	1.11		NMX C038-2013
Humedad actual (%)	11.3	8.14	<5%	NMX C037-2013
Absorción (%)	15.1	16.61	<25%	NMX C037-2013
Absorción inicial (%)	9.23	8.96	<5 gr/min	NMX C404-2012
28 días				
Masa volumétrica (gr/cm ³)	1.054	1.065		NMX C038-2013
Humedad actual (%)	11.2	8.82	<5%	NMX C037-2013
Absorción (%)	21.1	18.49	<25%	NMX C037-2013
Absorción inicial (%)	14.78	12.30	<5 gr/min	NMX C404-2012

Tabla 8. Propiedades mecánicas de los tabicones no estructurales.

	7 días	14 días	28 días	Norma
A/C = 1.0				
Compresión simple (MPa)	1.72	2.31	3.72	NMX C 036-2013
Límite (MPa)	>3.43	>3.43	>3.43	NMX C441-2013
Módulo de ruptura (MPa)	1.15	1.21	0.91	ASTM C 293-16
Límite (MPa)	>2.65	>2.65	>2.65	
A/C =1.2				
Compresión simple (MPa)	3.63	4.12	5.85	NMX C 036-2013
Límite (MPa)	>3.43	>3.43	>3.43	NMXC441-2013
Módulo de ruptura (MPa)	0.58	0.50	0.49	ASTM C 293-16
Límite (MPa)	>2.65	>2.65	>2.65	

ya la succión inicial es debido a que el agua de mezclado tiene la función facilitar la vibrocompresión y no tanto coadyuvar al fraguado, por lo que los tabicones se desecaron. La absorción inicial y la humedad son superiores a los límites establecidos en la norma, lo que implica que los tabicones tienen una susceptibilidad excesiva a la presencia de agua con consecuencia negativa sobre sus propiedades tales como el trabajaje de los acabados y reacciones químicas indeseables, así mismo, la absorción está dentro de los límites de la norma por lo que la habilitación de las piezas en el mampuesto no demandará agua en demasía lo que permitirá un mejor fraguado en el mortero de asentado.

En la **Tabla 8** se presentan las propiedades mecánicas promedio, donde se observa que la resistencia a compresión simple es mayor a 3.43 MPa en cualquier edad por las muestras elaboradas con A/C= 1.2 y solo a 28 días para las muestras con A/C=1.0. Entonces las propiedades mecánicas menores de la A/C=1.0 están asociadas a que el agua de mezclado no fue suficiente para coadyuvar en el fraguado del tabicón reduciendo significativamente su resistencia a compresión simple. Finalmente, el valor del módulo de ruptura determinado en todas las muestras es menor al encontrado por otros autores que es de 2.65 MPa (Marshalls, 2024), pero es de esperarse ya que se trata de un tabicón sin fines estructurales.

Conclusiones

En esta investigación se realizaron los tabicones con un valor de G/F = 6.5 sin perder de vista las propiedades básicas de la pomacita, tales como el alto grado absorción,

que podría tener efectos negativos sobre el agua necesaria para el mezclado y en el proceso de curado, así como la presencia de granos gruesos que otorgan una textura porosa al tabicón y que inducen falla por aplastamiento. Las propiedades del CPC 30R empleado por Zoquite son adecuadas para la elaboración de los tabicones y cumplieron ampliamente la normativa. Las dimensiones de los tabicones ligeros tienen variación debido a las condiciones geométricas de los moldes.

En este caso de estudio, se determinó la contracción, que no es requisito para este tipo de prefabricados, y se concluyó que es superior a la permitida por la normativa, por lo que el curado en cámara no coadyuvó en la reducción de esta propiedad. El agua de mezclado no fue suficiente para generar la hidratación completa del CPC 30R, además de que el geomaterial absorbió una cantidad importante del agua de mezclado evitando las reacciones de hidratación del cemento Portland, limitando lograr la resistencia de diseño.

Respecto a las propiedades mecánicas, el módulo de ruptura a la flexión no cumplió con los valores mínimos sugeridos en la norma, pero son valores usuales para el caso de tabicones para uso no estructural. Con respecto a la resistencia a compresión simple, se cumplió con el valor mínimo de 3.43 MPa, para los 28 días de curado, obteniendo mayor valor en la relación A/C = 1.2 que es la desarrollada empírica por Zoquite.

Referencias

ASTM (2015). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate* (ASTM C127-15). <https://www.astm.org/c0127-15.html>

- ASTM (2016). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)* (ASTM C293/C293M-16). https://www.astm.org/c0293_c0293m-16.html.
- ASTM (2019). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates* (ASTM C136-19). <https://www.astm.org/c0136-06.html>.
- ASTM (2019). *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying* (ASTM C566-19). <https://www.astm.org/c0566-19.html>.
- ASTM (2021). *Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle* (ASTM C191-21). <https://www.astm.org/c0191-21.html>.
- ASTM (2022). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. (ASTM C128-22). <https://www.astm.org/c0128-22.html>.
- ASTM (2023). *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete* (ASTM C330/C330M-23). https://www.astm.org/c0330_c0330m-14.html.
- ASTM (2023). *Standard Test Method for Amount of Water Required for Normal Consistency of Hydraulic Cement Paste* (ASTM C187-23). <https://www.astm.org/c0187-23.html>.
- ASTM (2023). *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*. (ASTM C29/C29M-23). https://www.astm.org/c0029_c0029m-23.html.
- ASTM (2023). *Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement* (ASTM C188-17(2023)). <https://www.astm.org/c0188-17r23.html>.
- Chavez Valencia LE (2023). Propuesta de gestión estratégica para la empresa Materiales de Construcción Zoquite. *Management Review* 8(1):33-52. doi:10.18583/umr.v8i1.218.
- León MP (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingeniería de Construcción* 25(2):215-240. doi:10.4067/S0718-50732010000200003.
- Luna-Altamirano KA, Zamora-Zamora EG, Calle-Masache OR, Lituma-Yascaribay MA (2021). Modelo de competitividad a través de la calidad e innovación como factores de rentabilidad empresarial. *Domino de las ciencias* 7(3):990-1005. doi:10.23857/dc.v7i3.2035.
- Marshalls (17 de 07 de 2024). Brick Technical Bulletin: characteristics flexural strength (F_{kx}) flexural bond strength of concrete Masonry Bricks. *Marshalls Bricks and Masonry*. Obtenido de Brick Technical Bulletin: <https://media.marshalls.co.uk/image/upload/v1612168706/Characteristic-Flexural-Strength-BTB16.pdf>.
- Maurello J, Mondragón K, Romero C (2020). Principales tipos de contracción, efectos sobre el concreto y sus métodos de mitigación (Apuntes). *Escuela Colombiana de Ingeniería*. pp 50. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1374/Maurello%20Porras%2C%20Juan%20Felipe-2020%20.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- ONNCCE (24 de 06 de 2024). *Catálogo de Normas*. <https://onncce.org.mx/servicios/normalizacion/nuevas-normas-mexicanas?view=category>.
- Vargas G, Urzúa D, Gutiérrez H (2006). Influencia de la mezcla y del curado en la calidad del tabicón elaborado en la Zona Metropolitana de Guadalajara. *Ingeniería* 10(1):25-38. <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen10/influencia.pdf>.