

Diseño de un molde para la fabricación de bloques de arcilla comprimida

Adolfo Quiroz, Aristides Martínez y Carlos Arroyo

Academia de mantenimiento

Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez

Xicotepec de Juárez, Pue.; México

[adolfo.quiroz, aristides.martinez, carlos.arroyo]@utxicotepec.edu.mx

Abstract— This project arises from a need at the Technological University of Xicotepec de Juárez, specifically in the course *Destructive Testing* during the eighth semester of the Industrial Maintenance Engineering program. The manufacturing of this practical mold was carried out using three-dimensional design through SolidWorks software. The objective is to encourage the search for new teaching strategies by using technology that is currently within our reach. With this mold for producing concrete-type test specimens, molds for Compressed Clay Blocks will be made. Students will be able to easily create Compressed Clay Block specimens, which will help measure and determine, in a dynamic and practical way, the strength of the different materials used. The creation of this mold will contribute to both teaching and learning applied knowledge. For the production of the Compressed Clay Blocks, raw materials such as lime, cement, and organic fiber from *Cuajilote* are used. These materials showed compressive strength values exceeding the minimum of 1.5 megapascals according to the Spanish standard UNE-41410 (2008), and 1.0 megapascals according to the Peruvian adobe standard E.080 (2006).

Keyword— *Mold, Compressed Clay Block, Compressive Strength, SolidWorks*

Resumen— Este trabajo surge como una necesidad en la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, específicamente en la asignatura de Ensayos destructivos de octavo Cuatrimestre de la Ingeniería en Mantenimiento Industrial. La fabricación de este molde práctico se realizó utilizando diseño en tercera dimensión mediante el uso del Software Solid Works. El objetivo es motivar la búsqueda de nuevas estrategias de enseñanza utilizando tecnología que se encuentra actualmente a nuestro alcance. Con este molde para la fabricación de Probetas de tipo concreto se elaborarán moldes de Bloque de Arcilla Comprimida. Los alumnos podrán realizar las probetas de Bloque de Arcilla Comprimida fácilmente que nos ayudaran a medir y determinar de manera dinámica y practica la resistencia de los diferentes materiales utilizados. La elaboración de este molde contribuirá en la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos aplicados. Para la elaboración de los Bloque de Arcilla Comprimida se utilizan materias primas como cal, cemento y fibra orgánica de Cuajilote, los cuales presentaron una resistencia a compresión que superó el valor mínimo de 1.5 Mega Pascales de acuerdo con la norma española UNE-41410 (2008, y de 1.0 Mega Pascales según la norma peruana de adobe Norma E.080 (2006).

Palabras claves— Molde, Bloque de Arcilla Comprimida, Resistencia a compresión, Solid Works

I. INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, la arcilla es el material disponible más abundante y económico, ya que se ha utilizado durante siglos. Diversas investigaciones en la rama de la construcción sostenible señalan en busca de nuevos materiales para mejorar la arcilla como materia prima predominante en sistemas de estructuras para la construcción, tal como lo presenta Rocha, M. [1]. Estos materiales arcillosos son considerablemente utilizados como componentes de barreras hidráulicas para aislar residuos de rellenos sanitarios con el objetivo de prevenir la contaminación del agua subterránea y del suelo, tal y como lo presentan Churchman G.J., Gates W.P., Theng B.K.G., and Yuan G. [2]. En la actualidad, nuevas investigaciones tecnológicas aumentan las tendencias para innovar productos más eficientes, mejorando el medio ambiente y ayudar a resolver numerosos problemas de contaminación.

Precisamente, la elaboración y fabricación de bloques de arcilla comprimida (BAC's) son una opción prometedora para la edificación de viviendas y estructuras de bajo impacto ambiental.

Sin embargo, la fabricación de BAC's tradicionales presenta limitaciones en términos de resistencia. A pesar de que la mampostería de BAC's ha ganado notoriedad por sus propiedades mecánicas óptimas, su alta durabilidad e impacto térmico, todavía existen desafíos para mejorar sus características y reducir su impacto ambiental, tal como lo analizan Bei, G. & Papayianni, I. [3].

En este contexto, para lograr el objetivo de esta tendencia creciente, se ha propuesto la incorporación de fibras naturales de Guajilote (*Parmentiera aculeata*) en la mezcla de la fabricación de BAC's. De acuerdo a nuestros resultados obtenidos de resistencia, hasta este momento puede ser una solución favorable para mejorar significativamente su funcionalidad y aplicaciones.

No obstante, no se tienen probetas específicamente creadas para la fabricación de BAC'S con fibras naturales, lo cual limita la producción de dichos bloques propuestos. Por lo tanto, se requiere desarrollar un diseño que permita variar las concentraciones de los materiales y las condiciones de fabricación para obtener BAC's con propiedades más eficientes.

La justificación de este trabajo, es presentar una iniciativa de un diseño de molde para BAC's utilizando un diseño Box-Behnken (D-B-B), tal como se establece con D. Li, G. Box, J. Hunter, and W. Hunter [4-5]; el uso de este diseño tiene como objetivo mejorar las capacidades mecánicas de las unidades BAC'S; variando los porcentajes en las concentraciones de arcilla, fibra de Guajilote, cemento, y cal.

Además, la propuesta de este molde busca también desarrollar la fabricación eficiente de alta calidad de BAC'S, considerando factores como la resistencia, durabilidad y sostenibilidad del material; que mejore la productividad reduzca los costos de producción, contribuyendo a la promoción de la construcción sostenible en la región y resolver los desafíos existentes en la fabricación de BAC's tradicionales."

II. METODOLOGIA

Utilizando el Software SOLIDWORKS CAD 3D (diseño asistido por computadora) se modelaron las piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. Este software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo de nuestro molde.

A. La solución de SOLIDWORKS incluye cinco líneas de productos diferentes los cuales utilizamos:

1. Herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes.
2. Herramientas de diseño para la fabricación mecánica, que automatiza documentos de inspección y genera documentación sin planos 2D.
3. Herramientas de simulación para evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible.
4. Herramientas que evalúan el impacto medioambiental del diseño durante su ciclo de vida.
5. Herramientas que reutilizan los datos de CAD en 3D para simplificar el modo en que las empresas crean, conservan y utilizan contenidos para la comunicación técnica, tal como se muestra en Solid Works [6].

B. A continuación, se describe el proceso de diseño para molde utilizando el software Solid Works.

a) Diseñar la plantilla para crear el boceto considerando las dimensiones de las piezas a utilizar en la elaboración del molde.

Se agregan las vistas coincidentes con las vistas principales y se crean las vistas auxiliares. Se realiza la modelación de las piezas diseñadas con las dimensiones establecidas. Se crean los planos para que aparezcan las cotas deseadas.

- b) Se elaboran los ensambles de las extrusiones realizadas en 3D. Visualizando los puntos de referencia de cada una de las piezas para continuar con el diseño establecido.
- c) Se realizan las soldaduras en los ensambles que lo requieren de acuerdo con el diseño establecido verificando la posición de cada una de estas.
- d) Se desarrolla el análisis de elemento finito al molde para analizar y explorar las condiciones mecánicas a las cuales estará sometido el mismo.
- e) Para nuestro molde se crea la unión de las partes laterales con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm que se utilizarán como pared en nuestro diseño. Las uniones se realizan por medio de soldadura por arco eléctrico utilizando el simulador del software. Además, se coloca la bisagra y el perno de seguridad para la utilización de este.

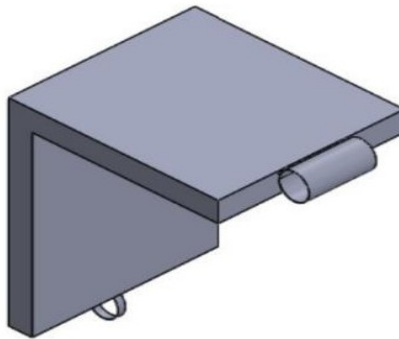


Fig. 1. Vista lateral del diseño del molde.

- f) Una vez realizadas las uniones de las piezas en forma de “L” como se muestra en la Fig. 1. se realiza la unión de las partes a ensamblar dando como resultado final el molde para la realización de los BAC's.

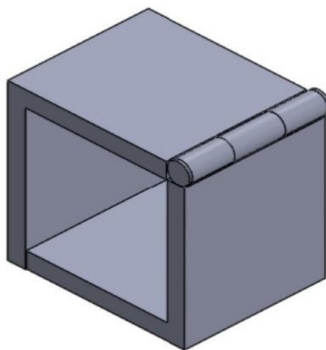


Fig. 2. Diseño del molde final para la elaboración de los Bloques de Arcilla comprimida (BAC's)

C. A continuación, se describe el proceso de diseño para molde utilizando el software Solid Works.

En el siguiente paso a desarrollar se realizaron los cortes de las placas de acero (1020) con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm. Las cuales se cortaron con el equipo de oxiacetileno haciendo uso de la boquilla de corte con presiones en los manómetros de oxígeno de 4 bar y en el manómetro de acetileno una presión de 0.5 bar. Resultando los cortes finales como se presentan en la figura 3.



Fig. 3. Placas de dimensiones de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm

La figura 4 representa la unión de las placas rectificadas por medio de soldadura por arco eléctrico. Utilizando el electrodo 6013 de 0.3175 cm que permite la unión de las placas de una manera sólida y limpia.



Fig. 4. Unión de las Placas rectificadas con dimensione de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm.

A continuación, se observan la unión de las piezas que formarán a los moldes con sus bisagras y pernos de seguridad que permitirán el cierre y apertura.



Fig. 5. Unión de las Placas rectificadas con dimensione de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm.

III. RESULTADOS

A continuación, se presenta el Diseño-Base-Bloque (D-B-B) que se utilizó para creación de las probetas tipo BAC's.

La Tabla 1 muestra el porcentaje de los parámetros como Cemento, Cal, y Fibra que más influyen para la fabricación de los BAC's. Estos parámetros permiten realizar el estudio de las pruebas

mecánicas. Hasta el momento se tiene el D-B-B con las primeras muestras fabricadas con resultados de resistencia mecánica obtenidos mediante una maquinan Universal de Ensayos Mecánicos.

Tabla 1. Diseño experimental tipo D-B-B.

Run	Cemento %	Cal %	Fibra %
1	5	2.5	2.5
2	10	2.5	2.5
3	5	7.5	2.5
4	10	7.5	2.5
5	5	5	2
6	10	5	2
7	5	5	3
8	10	5	3
9	7.5	2.5	2
10	7.5	7.5	2
11	7.5	2.5	3
12	7.5	7.5	3
13	7.5	5	2.5
14	7.5	5	2.5
15	7.5	5	2.5
16	7.5	5	2.5
17	7.5	5	2.5
18	7.5	5	2.5

Es importante mencionar que las probetas tipo BAC's utilizadas para esta primera prueba son 3.

1.- Entre las principales características que presenta la probeta de Cemento son: una carga máxima de 41.7 kN, Tensión en la carga de 16.4326 MPa, Modulo de Young de 1370.09 MPa y un % deformación de carga de 1.95973.

Tabla 2. Prueba experimental de la probeta de cemento

BAC's cemento	S. I
Carga en la carga máx. (kN)	41.7413
Tensión en la carga máx. (MPa)	16.4326
Deform porcentual máxima (%)	14.9981
Tensión fluencia pendte (MPa)	16.4326
Módulo (YoungAut) (MPa)	1370.09
Deform % carga última (%)	1.95973
Tensión carga última (MPa)	16.4326
Tenacidad (MPa)	0.945859
Tensión en punto rotur auto (MPa)	5.53078

2.- Para la 2da probeta CEMENTO-FIBRA, presenta resultados experimentales distintos a la primera probeta. Los resultados más sobresalientes son: Deformación porcentual máxima (%) de 42.96, Tenacidad 3.75526 MPa y Tensión punto a la rotura 7.89922 MPa.

Tabla 3. Prueba experimental de la probeta de Cemento-Fibra.

BAC's cemento-fibra	S. I
Carga en la carga máx. (kN)	33.8685
Tensión en la carga máx. (MPa)	13.3332
Deform porcentual máxima (%)	42.96
Tensión fluencia pendte (MPa)	13.3332
Módulo (YoungAut) (MPa)	468.355
Deform % carga última (%)	7.07681
Tensión carga última (MPa)	13.3032
Tenacidad (MPa)	3.75526
Tensión en punto rotur auto (MPa)	7.89922

3.- Finalmente, la probeta CEMENTO-FIBRA-CAL, presenta resultados experimentales distintos a las dos probetas anteriores. Los resultados más sobresalientes son: Deformación porcentual máxima (%) de 26.5275, Tenacidad 2.09644 MPa y Tensión punto a la rotura 6.49284 MPa.

Tabla 4. Prueba experimental de la probeta de Cemento-Fibra-Cal.

BAC's cemento-fibra-cal	S. I
Carga en la carga máx. (kN)	32.1217
Tensión en la carga máx. (MPa)	12.6455
Deform porcentual máxima (%)	26.5275
Tensión fluencia pendte (MPa)	12.6455
Módulo (YoungAut) (MPa)	511.394
Deform % carga última (%)	6.843
Tensión carga última (MPa)	12.6455
Tenacidad (MPa)	2.09644
Tensión en punto rotur auto (MPa)	6.49284

IV. CONCLUSIONES

Para finalizar, podemos concluir sobre la importancia y el uso de la Arcilla para la fabricación de BAC's, Los cuales se realizaron mediante el Software SOLIDWORKS CAD 3D para detallar las características básicas y principales de nuestras probetas y optimizar los materiales para la compra de insumos y el tiempo empleado. En conclusión, se fabricaron las probetas metálicas de placas de acero (1020) con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 0.7 cm.

Posteriormente se hace uso de las probetas empleando el D-B-B para la optimización de los parámetros del diseño de BAC's que permitió mejorar sus propiedades de resistencia mecánica.

Como trabajo pendiente se concluirá la serie de probetas del D-B-B optimizados los parámetros indicados.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo de investigación se realizó con el financiamiento económico de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez y los resultados obtenidos serán asignados al Área de Mantenimiento industrial. Asimismo, agradecemos la participación y colaboración de Dulce Aneth Esteban Otero, Rosa Isela Cabrera Hernández, y Wendy Santos Lazcano estudiantes de nuestra Universidad.

REFERENCIAS

- [1] Rocha, M. (2017). Ceb dossier.
- [2] Churchman G.J., Gates W.P., Theng B.K.G., Yuan G. (2006). Clays and clay minerals for pollution control. En: Handbook of clay science. (F. Bergaya, B.K.G. Theng, G. Lagaly, Eds.). Elsevier, Amsterdam, Holanda, pp. 625-675. Das B. (2002). Principles.
- [3] Bei, G. & Papayianni, I. (2003). Compressive strength of compressed earth block masonry. *Advances in Architecture*, 15, 367-375.
- [4] D. Li et al., "Box-Behnken experimental design for investigation of microwave-assisted extracted sugar beet pulp pectin. *Carbohydrate*". *Polymers*, vol. 88, no. 1, pp. 342-346, 2012.
- [5] G. Box, J. Hunter, and W. Hunter, *Estadística para investigadores*. Madrid, MA, España: Reverté, 2008.
- [6] <https://solidbi.es/solidworks/?v=3d26b0b17065>