

“Mejoramiento y Tecnificación de Máquina Extrusora para la elaboración de ladrillos artesanales”

Mery Felicia Cún Sánchez¹

Dr. Alfredo Barriga Rivera²

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

mcun84@yahoo.com

abarriga@espol.edu.ec

¹Egresada de Ingeniería Mecánica, 2008

³ Director de Tesis, ESPOL

Resumen

En nuestro país, Ecuador, existe la comunidad de ladrilleros artesanales. El presente trabajo pretende mejorar el proceso de elaboración de los mismos mediante la tecnificación de una extrusora, máquina que da forma o moldea una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta, mejorando el sistema de moldeo de los mismos, teniendo como finalidad principal la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados artesanalmente. Se analiza los parámetros de diseño de la máquina extrusora de ladrillos haciendo uso de los fundamentos del Diseño Mecánico, tomando en cuenta los requerimientos de los ladrillos en cuanto a dimensiones y propiedades mecánicas y físicas.

Palabras claves: *Moldeo por extrusión, Materiales cerámicos, Índice de plasticidad, Ladrillos artesanales.*

Abstract

In our country, Ecuador, there is community of makers of bricks. The present report intents to improve the process of elaboration of bricks through the improvement of an extruder machine, shaping of the cross section of a material by forcing it through a rigid die, to perfect the physics and mechanicals properties of bricks. This job analyze the design parameters of extruder machine using the fundamentals of Mechanical Design, taking into account the requirements of bricks such as size and mechanicals and physics properties.

1. Introducción

El presente trabajo desarrolla el “Mejoramiento y Tecnificación de una máquina extrusora para la elaboración de ladrillos artesanales”, cuya finalidad es la de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados artesanalmente mediante la implementación de un proceso de moldeo de los mismos, es decir, el moldeo por extrusión.

El Ecuador cuenta con terrenos arcillosos, lo que hace posible el desarrollo de ladrilleros artesanales. El diseño de la máquina extrusora de ladrillos espera mejorar el proceso de fabricación de los ladrillos que actualmente usan los artesanos ecuatorianos, mejorando las características de los ladrillos, disminuyendo la cantidad de materia prima y aditivos utilizados así como la reducción de los tiempos de moldeo, secado y quema de los mismos.

En el desarrollo de este trabajo se procedió a extraer muestras de arcilla y a hacer el análisis de éstas en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, para conocer las propiedades principales de ésta a fin de obtener propiedades que permitan una extrusión eficiente.

Luego, con los datos obtenidos de la muestra de arcilla y el proceso actual de fabricación de ladrillos se procedió a realizar un diseño de la máquina extrusora de ladrillos haciendo uso de los fundamentos del Diseño Mecánico, tomando en cuenta los requerimientos de los ladrillos en cuanto a dimensiones y propiedades mecánicas y físicas.

Finalmente se procedió a la construcción de un prototipo, con el que se realizó las pruebas necesarias para obtener un diseño definitivo de la máquina extrusora.

2. Marco Teórico

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años.

✓ Propiedades de material arcilloso

Contracción

Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento durante el secado [1].

Plasticidad

Cualitativamente la plasticidad podría definirse como la medida de cantidad de agua que hay que añadir a una arcilla para que pueda conformarse [2].

Límite líquido

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad en el cual el material pasa del estado plástico al estado líquido [3].

Límite plástico

Es el límite entre los estados plástico y semisólido [3].

✓ Principio de funcionamiento de extrusora

La palabra extrusión viene del latín "extrudere" que significa expulsar. Extrusión es, en general, la acción de dar forma o moldear una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta. La extrusión es un procedimiento industrial, que permite obtener barras de diferentes formas, generalmente complejas [4].

El proceso de extrusión consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma de la barra que se desea realizar. Ver Figura 1. Por la parte de la boca de carga, se pone la materia prima, que por medio de una prensa hidráulica, se forzará hacer pasar el material a través de la matriz, donde saldrá la barra a obtener en forma continua. La carga puede ser con el material en frío o caliente, dependiendo de las características mecánicas y punto de fusión del mismo. [4]

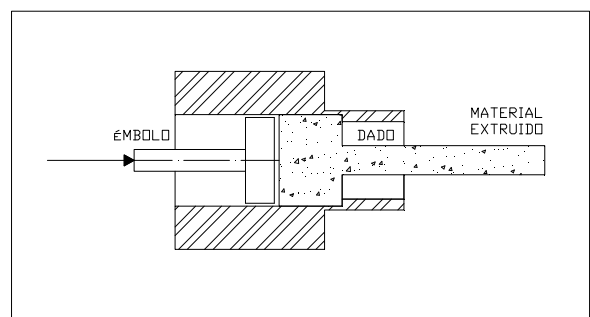


FIGURA 1. ESQUEMA DE EXTRUSORA

✓ Proceso de fabricación de ladrillos industriales

Hoy día, en cualquier fábrica de ladrillos, se llevan a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso, al proceso de

empacado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- Maduración
- Tratamiento mecánico previo
- Depósito de materia prima procesada
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Almacenaje

3. Situación actual de ladrilleras

TABLA 1. DIMENSIONES Y PESOS DE LADRILLOS FABRICADOS EN LADRILLERAS ECUATORIANAS

TIPO DE LADRILLO	DIMENSIONES (del molde)	Peso [lb]
Mula	38x18x8 cm	18
Gigante	38x18x7 cm	13
Burro	26x12x8 cm	10
Mediano	22x12x7 cm	9

Los materiales e implementos necesarios usados en la ladrillera para la fabricación de ladrillos se muestran a continuación:

Materia Prima:

- Arcilla
- Aserrín
- Agua

✓ Proceso de elaboración de ladrillos artesanales

Extracción de materia prima:

La arcilla, principal materia prima, es tomada de la tierra mediante un pico.

Preparación de la mezcla:

La arcilla extraída es mezclada en proporciones, con el agua, tamo de arroz y aserrín.

Moldeado

El proceso de moldeado es realizado con moldes elaborados en madera en dimensiones de acuerdo al tipo de ladrillo que se desea realizar.

La mezcla es vertida en los moldes, luego se retira el molde con mucha precaución para evitar en la medida de lo posible la deformación del ladrillo todavía húmedo.

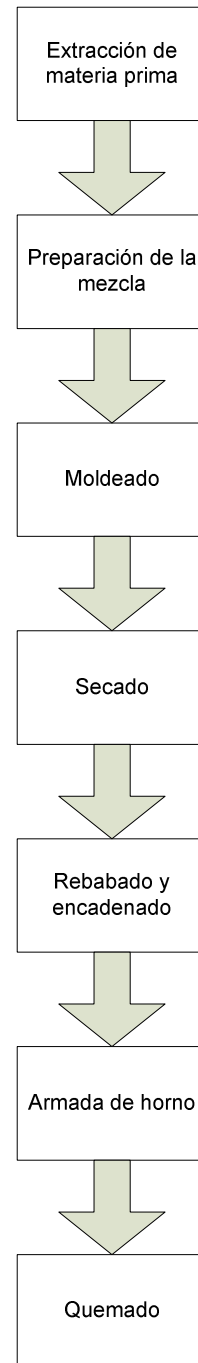


FIGURA 2. PROCESO DE ELABORACION DE LADRILLOS ARTESANALES

Secado

Los ladrillos moldeados se los deja secar a temperatura ambiente al aire libre.

Rebabado y Encadenado

Se dice rebabado a la operación de eliminar las imperfecciones de los ladrillos mediante el uso de cuchilla.

Se llama encadenado al proceso de colocar los ladrillos de forma ordenada en columna.

Armado del horno

El horno es armado con ladrillos que han sufrido defectos en su elaboración o que han sido utilizados en otro horno.

Quemado

Llamado también proceso de horneado, este proceso dura aproximadamente 30 horas seguidas, es por esto que el personal de trabajo debe mantenerse despierto durante ese lapso de tiempo para constantemente alimentar el horno con leña.

4. Diseño de Máquina Extrusora

Diseño de barril extrusor

El barril diseñado contiene un volumen de masa a extruir tal que permite la extrusión de al menos tres ladrillos en una sola carga, si se toma como referencia un ladrillo de dimensiones 260x120x80mm, dimensiones de un ladrillo crudo previo al secado, cuyo volumen sería aproximadamente $2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Diseño de cabezal extrusor

El diseño del cabezal extrusor forma parte primordial del diseño total de la máquina extrusora, ya que de ella depende el acabado que tomará el ladrillo después de su moldeo.

El cabezal será desmontable, debido a que las dimensiones de los ladrillos son variables. El análisis se basará en el ladrillo de mayor producción, conocido como Burro, cuyas dimensiones son de 26x12x8cm.

Selección de materiales

El material de la máquina deberá ser de un material resistente a la mezcla arcilla-agua, y a los factores propios de la naturaleza a los que estará expuesta diariamente.

Los materiales a usarse en la fabricación de la máquina extrusora serán plancha de hierro negro laminado en caliente de 6mm tipo A36, para la formación del barril extrusor; tubo estructural cuadrado de 1" x 1.5 mm, para el soporte de la máquina; ángulo laminado de 1" x 3/16", para la formación de la bandeja receptora de

ladrillos; bisagras industriales torneadas de 5/8", para el sello del barril extrusor a fin de evitar la salida del material; pintura anticorrosiva color gris, marca Unidas; electrodos para proceso de arco eléctrico tipo 6011 marca Aga, para la unión de las partes; eje de acero de transmisión de 1 1/2"; y pernos de acero de 3/8" x 2" para la sujeción de las partes.

Diseño detallado de extrusora

Parámetros de diseño:

- Reducción de "radio"
 $\Rightarrow \frac{R_o}{R_f}$
- Ángulo de entrada
 $\Rightarrow \alpha$
- Longitud de barril
 $\Rightarrow L_B$
- Longitud de dado
 $\Rightarrow L_{die}$
- Longitud final
 $\Rightarrow L_f$

Definiendo:

- Reducción de área transversal de 25%;
- Área final: $9,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
 - Dimensiones finales: 120mm x 80mm
- Angulo de entrada: $\alpha=20^\circ$

$$A_f = 9,6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\% \text{reduccion_de_area} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

$$\Rightarrow A_o = \frac{A_f}{1 - \% \text{red}}$$

$$\Rightarrow A_o = \frac{9,6 \times 10^{-3}}{1 - 0.25}$$

$$\Rightarrow A_o = 12,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Por facilidad de fabricación se hará variable una sola dimensión del dado extrusor, el ancho del ladrillo, es decir 120mm.

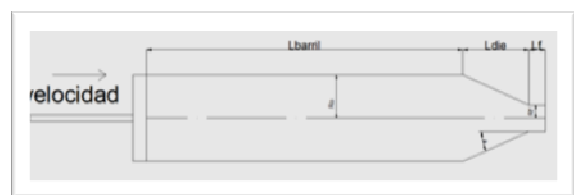


FIGURA 3. Vista de prototipo de extrusora

Por lo tanto, la dimensión inicial del cabezal extrusor será 120mm x 110mm.

Con estas dimensiones, se podrá establecer la longitud del cabezal como sigue:

$$R_o = 55mm$$

$$R_f = 40mm$$

$$\frac{R_o}{R_f} = 1,38$$

$$\tan \alpha = \frac{R_o - R_f}{L}$$

$$L = \frac{R_o - R_f}{\tan \alpha}$$

$$L = 40mm$$

Esto daría como resultado un barril extrusor con dimensiones 120mm x 110mm de sección transversal, lo que en la práctica resulta muy pequeño, por lo que se hace necesaria una segunda etapa de reducción, con un porcentaje de reducción no tan exigente como en la última etapa.

$$A_f = 12,8 \times 10^{-3} m^2$$

$$\% \text{reduccion_de_area} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100 = 50\%$$

$$\Rightarrow A_o = \frac{A_f}{1 - \%red}$$

$$\Rightarrow A_o = \frac{12,8 \times 10^{-3}}{1 - 0.50}$$

$$\Rightarrow A_o = 25,6 \times 10^{-3} m^2$$

Entonces, la dimensión inicial del cabezal extrusor será 120mm x 220mm.

La longitud de esta primera etapa de cabezal será como sigue:

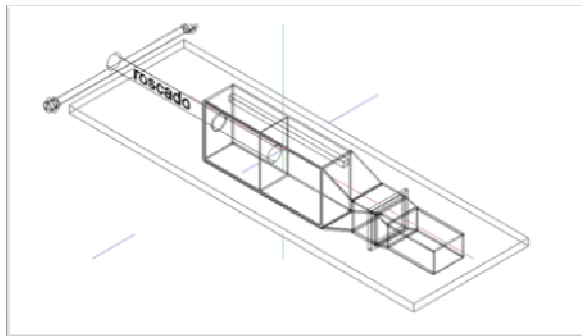


FIGURA 4. DISEÑO DE EXTRUSORA

$$R_o = 110mm$$

$$R_f = 55mm$$

$$\frac{R_o}{R_f} = 2$$

$$\tan \alpha = \frac{R_o - R_f}{L}$$

$$L = \frac{R_o - R_f}{\tan \alpha}$$

$$L = 150mm$$

5. Resultados

Una prueba realizada dio como resultado unos ladrillos con alto contenido de agua, debido a que la masa fue conformada en las proporciones que habitualmente usan los ladrilleros.

Otro problema fue la deformación de la placa extrusora durante el proceso de moldeo, debido a la falta de guías que direccionen el curso de la misma.

Debido al contenido excesivo de agua en la mezcla y a la longitud final del dado extrusor, 200mm, el ladrillo resultó con ciertas deformaciones debido a expansión volumétrica.

La siguiente prueba fue casi un éxito, debido a que la masa contenía un 20% de agua, según lo recomendado en este trabajo, y por recomendación de la comunidad ladrillera, se la dejó reposar de un día para otro, lo que aumenta su plasticidad. Los problemas de diseño continuaron, pero se realizaron adaptaciones temporales en el camino, a fin de conseguir los parámetros de diseño final.

El análisis de resistencia mecánica de los ladrillos una vez quemados, da como resultado una resistencia mecánica mayor, en los ladrillos extruidos que en los moldeados de manera tradicional.

MUESTRA	ALTURA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
#	Cm	Cm ²	Kg	Kg/cm ²
1	5,00	110,00	3650	33,18
2	5,00	110,00	4871	44,28

TABLA 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN LADRILLOS

Para que una masa pueda ser extruida, la arcilla debe tener suficiente plasticidad para poderla moldear. Del análisis de laboratorio de la arcilla utilizada en las pruebas, se obtiene un índice plástico de 36,80%.

✓ **Tiempos de procesos**

Se realizó el análisis de tiempos en tres procesos importantes durante la elaboración de ladrillos artesanales.

Tiempo de moldeo:

Para el moldeo de 4 ladrillos tipo Mediano se consumió un tiempo estimado de 5 minutos.

En las pruebas realizadas, para el moldeo de 4 ladrillos tipo Mediano con el uso de la máquina extrusora se consumió un tiempo de 15 minutos.

Tiempo de rebabado:

Este tiempo de rebabado, se hace necesario debido al tipo de moldeo de los ladrillos. Este trabajo pretende eliminar en su totalidad este tiempo, ya que la superficie lisa del dado y de la mesa que recibe el producto final impide su deformación.

Pero hay algo más que se debe tomar en cuenta y es el proceso de corte que se implementa con este método de moldeo.

El tiempo de corte de ladrillos, será aproximadamente de 1 minuto, con el adecuado sistema de corte.

Tiempo de secado:

El tiempo de secado, se reduce de manera considerable, debido al porcentaje necesario de agua en la mezcla. En condiciones normales, el secado al aire libre de los ladrillos es de 7 días. Los ladrillos moldeados con el prototipo de extrusora se secaron en un tiempo de 3 días.

6. Conclusiones

Es posible conseguir un moldeo de ladrillos, de forma tal que las propiedades físicas, como aspecto y uniformidad, sean mejoradas, y lo que es más importante se incrementa la resistencia mecánicas de los mismos.

Los análisis de las arcillas tomadas de dos ladrilleras del país, muestran dos tipos de arcillas. Existen varios depósitos de arcilla, con diferentes propiedades, lo que dificulta establecer un modelo de mezcla a utilizarse en la máquina extrusora, ya que depende mucho de la

composición de la arcilla. En este paso es muy importante la experiencia de los ladrilleros.

Los diferentes ladrilleros tienen el mismo proceso de elaboración de ladrillos artesanales, difiriendo en las proporciones de la mezcla, debido a las diferentes arcillas existentes en nuestro país.

La extrusora propuesta en esta tesis, definitivamente, mejorará el moldeo de los ladrillos y reducirá el tiempo de elaboración de los mismos, haciendo posible incrementar su oferta.

El prototipo construido, con el que se realizaron las pruebas, fue de mucho beneficio, ya que permitió observar las falencias de la misma, a fin de desarrollar un diseño definitivo.

Resulta bastante complicado cambiar la idea de los ladrilleros referente a la elaboración de los ladrillos, debido a que viene de generación en generación. Por ejemplo, el moldeo con menos cantidad de agua casi no se realiza debido a la incredulidad de ellos, y el uso de aserrín en sus ladrillos fue imposible eliminarlo.

7. Recomendaciones

A fin de conseguir un moldeo uniforme a la salida de la extrusora, el dado deberá tener una longitud mínima de 200mm.

El tornillo de transmisión acoplado a la placa extrusora, deberá ser tal que reduzca tanto el esfuerzo humano como el tiempo de moldeo.

La mesa que recibe los ladrillos extruidos debe tener una superficie lisa y suave, de modo que la masa no se pegue y por lo tanto no se deforme a la salida, y debe estar ubicada inmediatamente después de la salida del dado extrusor.

La placa extrusora deberá tener en sus bordes una superficie de caucho, a fin de eliminar la fricción entre dos superficies metálicas, barril-placa, y así disminuir el esfuerzo humano.

El diseño de una máquina extrusora va ligado con el diseño efectivo de un sistema de corte, por lo que se recomienda, organizar algún proyecto de graduación, con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de los ladrilleros mediante optimizar sus procesos. Existe mucho por hacer, desde el mismo proceso de recolección de la muestra, hasta el proceso de quemado.

8. Referencias

- [1] “Propiedades de la arcilla”, www.arqhys.com/arcilla-propiedades.html, Agosto, 2008.
- [2] “La fabricación de los materiales cerámicos”, www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID58.pdf, Agosto, 2008.
- [3] JAMES S. REED, “Introduction to the Principles of Ceramic Processing”, 1988.
- [4] “Etimología de extrusión”, www.etimologias.dechile.net/?extrusion, Julio, 2008