

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Mejoramiento Y Tecnificación De Extrusora Para La Elaboración  
De Ladrillos Artesanales”

**TESIS DE GRADO**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERA MECÁNICA**

Presentada por:

Mery Felicia Cún Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme vida y salud, a mi madre por su apoyo, a mis compañeros por compartir la etapa universitaria, a mis profesores por sus enseñanzas, en especial al Dr. Alfredo Barriga por la dirección de este trabajo, a la comunidad ladrillera por su colaboración en el proyecto y a todos los que de algún modo formaron parte del desarrollo de la tesis.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A LA COMUNIDAD

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

\_\_\_\_\_  
Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
Dr. Alfredo Barriga R.  
DIRECTOR DE TESIS

\_\_\_\_\_  
Dra. Cecilia Paredes V.  
VOCAL PRINCIPAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Mery Cún Sánchez

## RESUMEN

La presente tesis desarrolló el mejoramiento y tecnificación de una extrusora, máquina que da forma o moldea una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta, para la elaboración de ladrillos artesanales 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.

La metodología a seguir fue como primer paso extraer muestras de arcilla y hacer el análisis de éstas en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, para conocer las propiedades de la muestra, y que tratamiento se le debe aplicar 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 que nos ayudó a realizar las pruebas necesarias para obtener un diseño definitivo de la máquina extrusora.

## INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE PLANOS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Metodología.....	6
1.4. Estructura de la Tesis.....	8



## CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. La arcilla y sus propiedades.....	11
2.2. Concepto, características y usos de los ladrillos.....	17
2.3. Definición y principio de funcionamiento de extrusora.....	19
2.4. Propiedades de la materia prima necesarias para la extrusión.....	21
2.5. Proceso de fabricación de ladrillos industriales.....	26

## CAPÍTULO 3

3. SITUACIÓN ACTUAL DE LADRILLERA.....	32
3.1. Descripción general.....	32
3.2. Análisis de materia prima.....	35
3.3. Procesos de elaboración de ladrillos.....	36
3.4. Procesos de moldeo y rebabado.....	43

## CAPÍTULO 4

4. DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA.....	44
-------------------------------------	----

4.1.	Especificaciones y requerimientos.....	44
4.2.	Diseño de elementos mecánicos.....	46
4.3.	Selección de materiales.....	47
4.4.	Diseño detallado de extrusora.....	48

## CAPÍTULO 5

5.	RESULTADOS.....	52
5.1.	Proceso de moldeo.....	52
5.2.	Tiempos de procesos.....	56

## CAPÍTULO 6

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
6.1.	Conclusiones.....	58
6.2.	Recomendaciones.....	59

## ANEXOS

## BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing Materials
USCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
A.C.	Antes de Cristo
$R_o$	Radio inicial
$R_f$	Radio Final
$\alpha$	Angulo de entrada
$L_B$	Longitud de barril
$L_{die}$	Longitud de dado
$L_f$	Longitud final
$\Delta P$	Diferencial de Presión
$\tau_y$	Esfuerzo de corte del material
$\tau_{wall}$	Esfuerzo de corte en la pared
$A_o$	Area inicial
$A_f$	Area final

## SIMBOLOGIA

mm	Milímetros
cm	Centímetros
m <sup>2</sup> /g	Metros cuadrados por gramo
°C	Grados Celsius
m	Metros
lb	Libras
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Metodología de la tesis.....	7
Figura 2.1 Nomenclatura de las partes de un ladrillo.....	18
Figura 2.2 Esquema de extrusora.....	20
Figura 2.3 Prensas de extrusión.....	20
Figura 2.4 Distribución de velocidades de salida.....	21
Figura 2.5 Sistemas de moldeo en base al contenido de agua y presión inicial.....	24
Figura 2.6 Conicidad de boca.....	25
Figura 3.1 Ladrillos producidos en ladrillera.....	33
Figura 3.2 Leña utilizada.....	34
Figura 3.3 Proceso de elaboración de ladrillos.....	36
Figura 3.4 Depósito de arcilla.....	37
Figura 3.5 Extracción de arcilla.....	37
Figura 3.6 Mezcla.....	38
Figura 3.7 Moldes utilizados.....	39
Figura 3.8 Secado de ladrillos.....	40
Figura 3.9 Rebabado de ladrillos con cuchilla.....	40
Figura 3.10 Encadenado de ladrillos.....	41
Figura 3.11 Horno para quemado de ladrillos.....	42
Figura 3.12 Quemado de ladrillos.....	42
Figura 4.1 Vista de prototipo de extrusora.....	49
Figura 5.1 Prototipo Construido.....	52
Figura 5.2 Mezcla inicial.....	53
Figura 5.3 Extrusión de ladrillos con prototipo.....	54
Figura 5.4 Retiro de ladrillos para siguiente prueba.....	55
Figura 5.5 Ladrillos dispuestos a secado.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1	Granulometría de suelos.....12
Tabla 2	Superficies específicas de arcillas.....16
Tabla 3	Porcentaje de agua y nivel de presión para varios sistemas de conformado.....22
Tabla 4	Sistemas de conformado vs. Productos finales.....23
Tabla 5	Dimensiones de ladrillos fabricados en ladrillera.....33
Tabla 6	Proporciones de la materia prima y leña correspondientes a una horneada.....35

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Barril extrusor de prototipo
Plano 2	Barril propuesto de prototipo
Plano 3	Cabezal extrusor de prototipo
Plano 4	Propuesta de dados
Plano 5	Cabezal Extrusor #1
Plano 6	Cabezal Extrusor #2
Plano 7	Barril Extrusor
Plano 8	Máquina Extrusora propuesta

## 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 qué tipo de arcilla es la muestra, cuál es su composición y que tratamiento se le debe aplicar 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.

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Planteamiento del Problema

En el Ecuador existe una población grande que trabaja como pequeños artesanos en diferentes áreas: cerámica, tagua, bisutería, sombreros, etc. El concepto artesanía se funde con el de "arte popular", entendido como aquel conjunto de actividades productoras, de carácter esencialmente manual, realizadas por un solo individuo, un grupo o una unidad familiar y transmitidas por tradición de padres a hijos. La actividad artesanal forma parte de las redes sociales, económicas y culturales del medio rural, de las zonas populares de las ciudades y desde luego de las etnias indígenas originarias de nuestro país. Esta actividad se realiza al interior de una economía mayoritariamente doméstica y básicamente de autoconsumo y da trabajo a unas 200.000 familias.

Varias zonas de la Costa Ecuatoriana poseen terrenos arcillosos, aptos para la fabricación de ladrillos. Tenemos ladrilleros artesanos en lugares como Pascuales, Taura, Pancho Negro, etc.

Los ladrilleros artesanos tienen varios problemas para vender sus productos debido a que no pueden cumplir las normas que rigen las propiedades que deben poseer los ladrillos. Existen Normas ANSI/ASTM que establecen el grado de abrasión, absorción y compresión que deben tener los ladrillos.

Esta tesis se enfocará en los problemas que posee actualmente la ladrillera del Sr. Lorenzo Arreaga ubicada en la zona de Pancho Negro, a pocos kilómetros de Puerto Inca, provincia del Guayas.

El proceso de fabricación de los ladrillos artesanales tiene un sistema de moldeo no eficaz que consiste en vaciar la mezcla agua-arcilla y aditivos (aserrín y tamo de arroz) en unos moldes de madera con 10 compartimientos rectangulares que darán forma a los ladrillos. Luego de vaciar la mezcla en los moldes, éstos son retirados, lo que provoca leves movimientos en los ladrillos húmedos y como consecuencia éstos se deforman.

Otro problema a la hora de fabricar ladrillos de manera artesanal es la cantidad de humedad necesaria para facilitar el moldeo. El proceso continúa con el secado de los ladrillos; en dicho proceso es natural la evaporación de agua disminuyendo las dimensiones de los ladrillos y aumentando el tiempo de secado.

Los ladrillos deben someterse a un proceso de quemado para adoptar sus características refractarias y de compresión. Varios factores influyen en la eficiencia del horno y por ende del proceso de quemado como los aditivos que posee la mezcla y la cantidad de humedad de los ladrillos crudos.

Estos problemas podrían ser solucionados con un mejor proceso de moldeo de ladrillos que reduzca la humedad de los ladrillos crudos, que mejore la formulación de los ladrillos en lo que respecta a los aditivos necesarios y reduzca también los tiempos de procesos.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados artesanalmente implementando un nuevo proceso de moldeo de los mismos.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la arcilla proveniente de la zona con pruebas de laboratorio para conocer su composición.
- Analizar el proceso actual de fabricación de ladrillos incluyendo los tiempos que toma cada paso del proceso.

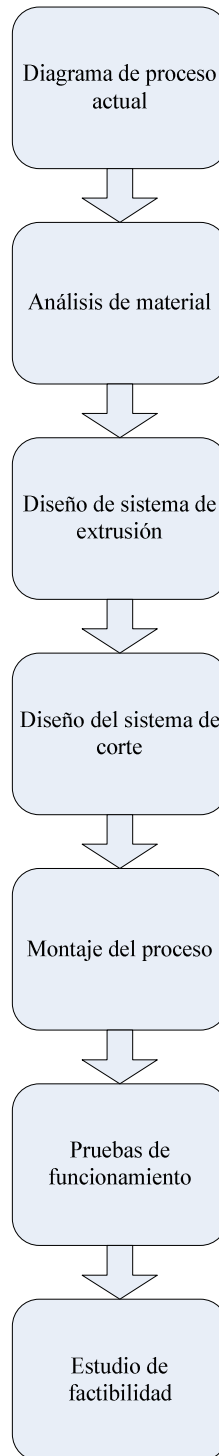
- Diseñar un sistema de extrusión de ladrillos que mejore el proceso de moldeo.
- Construir un prototipo de extrusora.
- Realizar pruebas de campo con el prototipo de extrusora construido.

### **1.3. Metodología**

La metodología de esta tesis está graficada en la figura 1.1 y se detalla a continuación.

El primer paso es describir el proceso actual de fabricación de ladrillos. Esto será posible visitando la ladrillera y observando varias veces el proceso de fabricación de ladrillos tomando los tiempos que les toma cada paso del proceso. Estos datos serán útiles para analizar los resultados obtenidos con el nuevo proceso de moldeo.

El siguiente paso es extraer muestras de arcilla y hacer el análisis de éstas en el Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, para conocer qué tipo de arcilla es la muestra y cuál es su composición.



**FIGURA 1.1. METODOLOGÍA DE LA TESIS**

El tercer paso es diseñar 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.

La metodología continúa con el diseño de un sistema eficaz de corte que permita obtener ladrillos con las longitudes deseadas.

El quinto paso es la construcción del prototipo que nos ayudará a realizar las pruebas necesarias para obtener un diseño definitivo de la máquina extrusora y el sistema de corte de ladrillos.

El último paso y no menos importante es el estudio de factibilidad que incluye el análisis de costos de los elementos necesarios para la fabricación de la máquina extrusora. También se analizará las mejoras resultantes en cuanto a procesos, calidad y tiempos de procesos.

#### **1.4. Estructura De La Tesis**

La estructura de la tesis es la siguiente:

El capítulo 1 de la tesis se llama GENERALIDADES y en él se detalla el problema específico que tiene la ladrillera ubicada en Pancho Negro en cuanto al proceso de elaboración de ladrillos artesanales, los objetivos

que persigue la presente tesis para resolver el problema y la metodología seguida durante la elaboración de la tesis.

El capítulo 2 se llama MARCO TEÓRICO. En el capítulo 2 se da una breve descripción del proceso tradicional de fabricación de ladrillos, así como las principales propiedades que poseen los materiales arcillosos que hacen que sean óptimos para la elaboración de ladrillos. También se explica los procesos tradicionales de moldeo de ladrillos y sistema de corte.

El capítulo 3 se denomina SITUACIÓN ACTUAL DE LADRILLERA, donde se describe el proceso actual que utilizan los ladrilleros de Pancho Negro en la elaboración de los ladrillos. Se da una explicación amplia especialmente del proceso de moldeo y rebabado como de las propiedades de la materia prima de la zona.

DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA corresponde al capítulo 4, el cual enlista los requerimientos y las limitantes que debe poseer el nuevo diseño. Basado en las especificaciones se procede a elaborar el diseño de los elementos mecánicos que debe poseer la extrusora y la selección de materiales.



El capítulo 5 titulado RESULTADOS presenta el diseño definitivo de la extrusora para ladrillos junto con el análisis de las mejoras obtenidas en cuanto a procesos y tiempos de fabricación.

El último capítulo denominado CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES muestra las soluciones que se han obtenido con la fabricación de la máquina extrusora y las recomendaciones en cuanto al uso de dicha máquina y las posibles mejoras que puedan realizarse.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. La arcilla y sus propiedades

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.

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos.

Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:



## **Propiedades:**

### **Granulometría**

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, las arcillas ocupan el siguiente lugar:

**Tabla 1**

#### **GRANULOMETRÍA DE SUELOS [1]**

<b>Partícula</b>	<b>Tamaño</b>
<b>Arcillas</b>	< 0,002 mm
<b>Limos</b>	0,002-0,06 mm
<b>Arenas</b>	0,06-2 mm
<b>Gravas</b>	2 mm-10 cm
<b>Cantos rodados</b>	10-50 cm
<b>Bloques</b>	>25 cm

No obstante lo anterior, la clasificación USCS que es utilizada habitualmente en ingeniería usa los límites de tamaños máximos de 4.75 mm para las arenas y de 0.075 mm para las arcillas y limos [1].

### **Contracción**

Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento durante el secado [2].

### **Refractariedad**

Todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción [2].

### **Porosidad**

El grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas [2].

### **Color**

Las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro y carbonato cálcico [2].

### **Plasticidad**

Cualitativamente la plasticidad podría definirse como la medida de cantidad de agua que hay que añadir a una arcilla para que pueda conformarse [6].

Cuantitativamente la plasticidad puede medirse con el plastógrafo de Brabender.

La plasticidad es una propiedad imprescindible para el conformado de las masas cerámicas. Un aumento de la plasticidad comporta unas ventajas que pueden resumirse en:

- Proporciona una mayor ductilidad (trabajabilidad) de los productos moldeables.
- Confiere a las piezas una mejor resistencia en verde (y en seco) a las piezas. Esta característica es fundamental para evitar las roturas de las piezas en los trabajos de transporte y manipulación [6].

La plasticidad no es una propiedad permanente de las arcillas, sino que es circunstancial, así, una arcilla puede parecer un ladrillo resistente cuando está seca y un lodo semilíquido cuando está con suficiente cantidad de agua [7].

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia definidos por Atterberg:

- Estado líquido, con las propiedades y apariencias de una suspensión.
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado semisólido, en que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

Por todos estos estados pasa el suelo al irse secando, pero no existen criterios estrictos para fijar sus fronteras; el establecimiento de éstas ha de hacerse en forma puramente convencional. Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre de LÍMITES DE CONSISTENCIA [7].

### **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 [7].

### **Límite plástico**

Es el límite entre los estados plástico y semisólido [7].

### **Límite de contracción**

Es el límite entre los estados sólido y semisólido [7].

### **Superficie específica**

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en  $\text{m}^2/\text{g}$ .

**TABLA 2**

**SUPERFICIES ESPECÍFICAS DE ARCILLAS [3]**

<b>ARCILLA</b>	<b>SUPERFICIE ESPECÍFICA</b>
<b>Caolinita de elevada cristalinidad</b>	hasta $15 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Caolinita de baja cristalinidad</b>	hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Halloisita</b>	hasta $60 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Illita</b>	hasta $50 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Montmorillonita</b>	$80\text{-}300 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Sepiolita</b>	$100\text{-}240 \text{ m}^2/\text{g}$
<b>Paligorskita</b>	$100\text{-}200 \text{ m}^2/\text{g}$

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

## **2.2. Concepto, características y usos de los ladrillos**

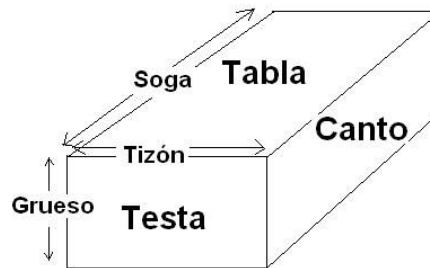
Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen rondar 24 x 11,5 x 6 cm. Se emplea en albañilería para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000 A.C. [4].

La arcilla con la que se elabora los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita. Las partículas de materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso, de agua. Debido a la característica de absorber la humedad, la arcilla, cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, muy distinta de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso [4].



Durante la fase de endurecimiento, por secado, o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez con una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 a 15%, en proporción a su plasticidad inicial [4].

Su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de sogá, tizón y grueso, siendo la sogá su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testa (la tabla es la mayor). Por lo general, la sogá es del doble de longitud que el tizón o, más exactamente, dos tizones más una junta, lo que permite combinarlos libremente. El grueso, por el contrario, puede no estar modulado. Ver Figura 2.1. [4].



**FIGURA 2.1. NOMENCLATURA DE LAS PARTES DE UN LADRILLO**

Existen diferentes formatos de ladrillos, por lo general de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destacan el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 cm (nótese que

cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor más 1 cm de junta) y el formato catalán de dimensiones 29 x 14 x 5 cm [4].

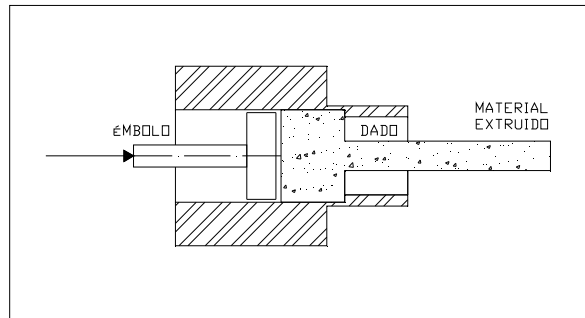
Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques. Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos [4].

### **2.3. Definición y principio de funcionamiento de una 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 [5].

El proceso de extrusión consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma de la barra que se desea realizar. Ver Figura 2.2. Por la parte de la boca de carga, se pone la materia prima, que por medio de una prensa hidráulica, se forzarán hacer pasar el material a través de la matriz, donde saldrá la barra a obtener en forma continua. La carga puede ser con el

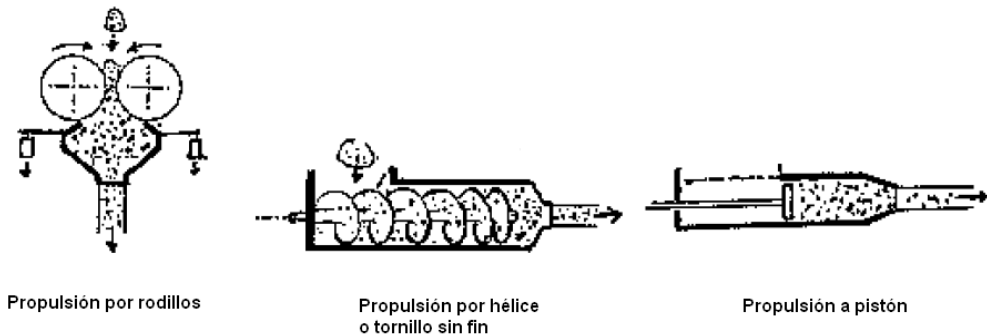
material en frío o caliente, dependiendo de las características mecánicas y punto de fusión del mismo. [5]



**FIGURA 2.2. ESQUEMA DE EXTRUSORA**

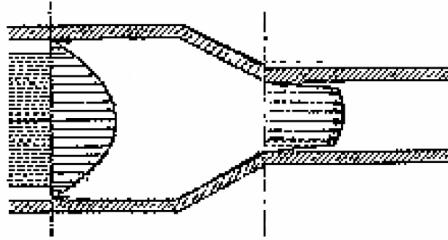
Los dibujos de la figura 2.3. simbolizan las diferentes versiones de prensas de extrusión:

- Propulsión por rodillos
- Propulsión por hélice
- Propulsión a pistón [6]



**FIGURA 2.3. PRENSAS DE EXTRUSIÓN**

La figura 2.4. muestra la distribución de velocidades de salida. Si bien la presión que ejerce el pistón es bastante homogénea, la menor resistencia de la parte central supone una mayor velocidad de salida de la barra. De hecho, la comparación del flujo de salida de una masa de la extrusora con la corriente de un río es solo didáctica. La masa extruida debido al rozamiento interno se calienta y se altera la reología y, por tanto, las condiciones de flujo [6].



**FIGURA 2.4. DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES DE SALIDA**

#### **2.4. Propiedades y factores que inciden en la extrusión**

Un estado plástico blando, permite manejar fácilmente la masa, aplicando una presión moderada, pero la masa es muy pegajosa y existen grandes dificultades para mantener una cierta altura, o tamaño de la pieza. Además al secar se generan grandes contracciones que, con bastante frecuencia dan lugar a fisuras y grietas.

**TABLA 3**

**PORCENTAJE DE AGUA Y NIVEL DE PRESIÓN PARA VARIOS  
SISTEMAS DE CONFORMADO [6]**

<b>Sistema de conformado</b>	<b>Nivel de Presión</b>	<b>% de agua</b>
Colado	Nulo (columna hidrostática)	30 - 40
Moldeo plástico	Baja	25 - 30
Extrusión	Media	15 - 20
Prensado semi húmedo	Alta	6 – 12
Prensado en seco	Alta	4 – 8
Prensado hidrostático	Muy alta	0 - 15

La preparación del barro con menos cantidad de agua, supone un estado plástico mediano y la pieza puede moldearse mediante una moderada presión lo que permite conformar piezas de altura notable [6].

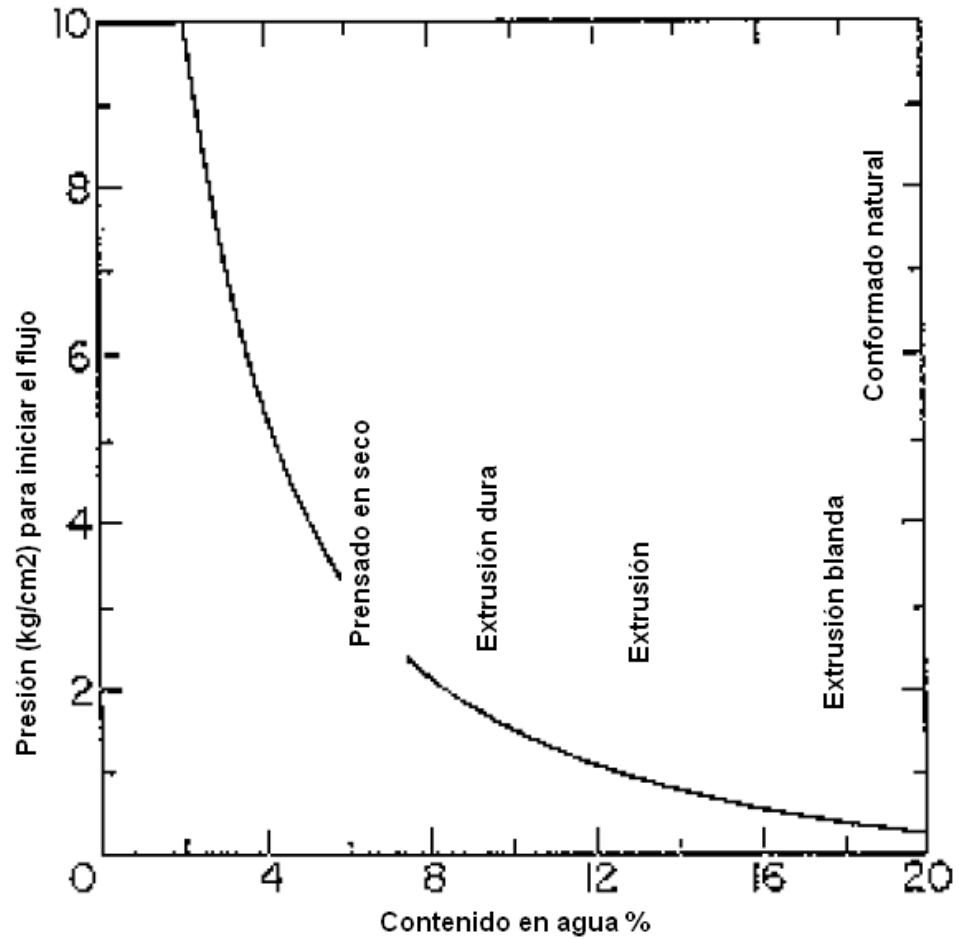
La tabla 4 muestra qué sistemas de conformado cumplen mejor las diferentes condiciones y requisitos para la conformación de los diversos productos.

**TABLA 4**

**SISTEMAS DE CONFORMADO VS. PRODUCTOS FINALES [6]**

<b>Producto Sistema</b>	<b>Colado</b>	<b>Moldeado a mano</b>	<b>Extrusión</b>	<b>Prensado en seco</b>	<b>Prensado en caliente</b>	<b>Fraguado químico</b>
<b>Ladrillos Pavimentos</b>		X	X	X		
<b>Refractarios Aislantes</b>		X	X	X	X	X
<b>Loza blanca</b>	X	X				
<b>Muelas abrasivas</b>				X		
<b>Cerámica sanitaria</b>	X					
<b>Cerámicas Especiales</b>				X	X	
<b>Hormigones Cerámicos</b>			X			X

La gráfica reproduce los diversos sistemas de conformado indicando la cantidad de agua usualmente empleada y la presión media para iniciar el flujo de la pasta.



**FIGURA 2.5. SISTEMAS DE MOLDEO EN BASE AL CONTENIDO DE AGUA Y PRESIÓN INICIAL**

De hecho la formación de la presión es consecuencia de dos parámetros que necesariamente se deben conciliar:

- La reología de la pasta. La viscosidad de la pasta es una fuerza pasiva y para conseguir el flujo ha de vencerse una resistencia.

- La geometría de salida de la extrusora. Es obvio que cuantos menos agujeros tenga el molde y de menor diámetro sean, mayor será la pérdida de carga o más elevada deberá ser la presión de extrusión.

### El flujo en la extrusión

La boquilla debe garantizar una velocidad constante del flujo a través de toda la sección de la columna de material, una superficie suave y sin defectos y asegurar que la columna tiene el área de sección deseada [6].

### La conicidad de la boca

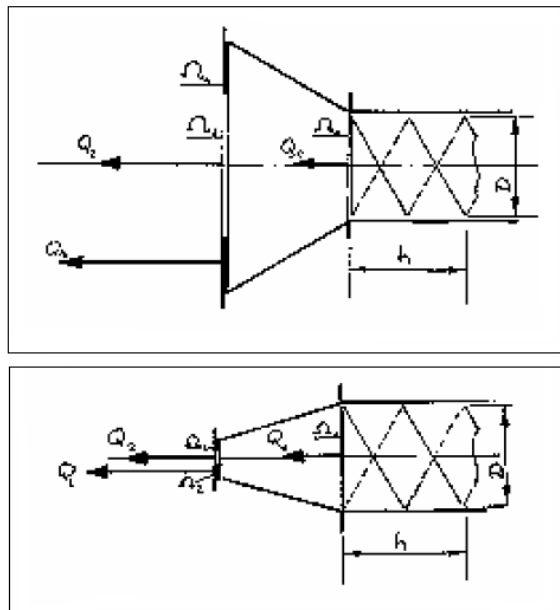


FIGURA 2.6. CONICIDAD DE BOCA



## **2.5. 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 empaquetado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio [4].

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

## **Maduración**

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas [4].

El reposo a la intemperie tiene, en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terreros y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas [4].

## **Tratamiento mecánico previo**

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la pre-elaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

Rompe-terrones: como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de, entre 15 y 30 mm.

Eliminador de piedras: está constituido, generalmente, por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras o chinós.

Desintegrador: se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.

Laminador refinador: está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla sometiéndola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material [4].

### **Depósito de materia prima procesada**

A la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeneiza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas [4].

## **Humidificación**

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador y, posteriormente a un mezclador humedecedor, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa [4].

## **Moldeado**

El moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la extrusora. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir.

El moldeado, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua [4].

## **Secado**

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El

secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción.

Esta fase se realiza en secaderos que pueden ser de diferentes tipos. A veces se hace circular aire, de un extremo a otro, por el interior del secadero, y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua, del material crudo, se lleve a cabo insuflando, superficialmente, al material, aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termohigrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas [4].

### **Cocción**

Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud, y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C.

En el interior del horno, la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes

estándar y alimentado continuamente por una de las extremidades del túnel (de dónde sale por el extremo opuesto una vez que está cocido) [4].

### **Almacenaje**

Antes del embalaje, se procede a la formación de paquetes sobre pallets, que permitirán después moverlos fácilmente con carretillas de horquilla. El embalaje consiste en envolver los paquetes con cintas de plástico o de metal, de modo que puedan ser depositados en lugares de almacenamiento para, posteriormente, ser trasladados en camión [4].

# CAPÍTULO 3

## 3. SITUACIÓN ACTUAL DE LADRILLERAS

### 3.1. Descripción general

Existen varias ladrilleras de tipo artesanal en el país. Este capítulo referirá como ejemplo a una ladrillera ubicada en Pancho Negro, vía Guayas-El Oro.

La ladrillera, de una superficie aproximada de 1 hectárea, pertenece al Sr. Lorenzo Arreaga, quien se ha dedicado a la fabricación de ladrillos artesanales como un negocio familiar.

En la ladrillera se producen tres tipos de ladrillos, los cuales difieren solamente en sus dimensiones. Se denominan con los nombres mula, gigante y burrito, cuyas dimensiones se detallan en la tabla 5.

La competencia en la venta del ladrillo se debe principalmente a la calidad del ladrillo, ya que los consumidores observan el acabado del mismo, y en varias ocasiones que cumplan con las normas establecidas para los ladrillos.



**FIGURA 3.1. LADRILLOS PRODUCIDOS EN LADRILLERA**

**TABLA 5**

**DIMENSIONES Y PESOS DE LADRILLOS FABRICADOS EN LADRILLERA**

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

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

Materia Prima:

- Arcilla
- Tamo de arroz (en ciertos casos)
- Aserrín
- Agua



La arcilla es extraída directamente de la tierra, llamada greda (tierra arcillosa). Es recomendable evitar la arena ya que esto formaría un producto similar a la piedra pómez.

Existen otros elementos que se deben considerar en la elaboración de ladrillos como la leña utilizada para la alimentación del horno durante el proceso de quema de los ladrillos.

La leña puede ser madera seca o fresca de árboles como azafrán, fernan sánchez, guabo, laurel, etc. Cierta leña es transportada del Ingenio San Carlos. Es preferible que la leña sea húmeda y fresca debido a que es más maciza y por lo tanto pesa más.



**FIGURA 3.2. LEÑA UTILIZADA**

### 3.2. Análisis de materia prima

La materia prima forma una parte fundamental en el desarrollo de este trabajo, ya que dependiendo del tipo de arcilla será la calidad del ladrillo. El tipo de arcilla influirá en el tiempo de secado, tiempo de quemado, en la contracción volumétrica tanto en el secado como en el quemado, y por último influirá en la resistencia mecánica del ladrillo.

Del análisis de la arcilla de la ladrillera en cuestión se determina los siguientes parámetros:

WI= 42,74%

Wp= 24,21%

Ip (Índice Plástico) = 18,53%

% Humedad= 44,06%

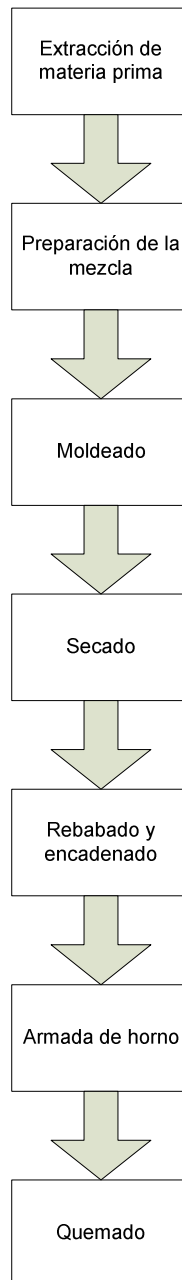
Wc (Límite de contracción) = 17,34%

**TABLA 6**

#### **PROPORCIONES DE LA MATERIA PRIMA**

<b>Material</b>	<b>Proporción</b>
<b>Arcilla</b>	820 lb
<b>Agua</b>	380 lb
<b>Aserrín</b>	85 lb

### 3.3. Proceso de elaboración de ladrillos



**FIGURA 3.3. Proceso de elaboración de ladrillos**

El proceso para la elaboración de ladrillos se detalla a continuación:

### **Extracción de materia prima:**

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



**FIGURA 3.4. Depósito de arcilla**



**FIGURA 3.5. Extracción de arcilla**

El tamo de arroz y el aserrín es adquirido de otros sectores.

### **Preparación de la mezcla:**

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



**FIGURA 3.6. Mezcla**

### **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 3.7. Moldes utilizados**

### **Secado**

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

### **Rebado y Encadenado**

Se dice rebado 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, como se muestra en las siguientes fotos. Ver FIGURAS 3.8, 3.9 y 3.10.



**FIGURA 3.8. Secado de ladrillos**



**FIGURA 3.9. Rebabado de ladrillos con cuchillas**



**FIGURA 3.10. Encadenado de ladrillos**

### **Armado del horno**

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

Las dimensiones del horno son aproximadamente de 6x3x5 metros (medición aproximada con pasos).

### **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.



**FIGURA 3.11. Horno para quemado de ladrillos**



**FIGURA 3.12. Quemado de ladrillos**

### **3.4. Proceso de moldeo y rebabado**

Actualmente el proceso de moldeo y rebabado consume mucho tiempo en la elaboración de ladrillos artesanales, debido a varios factores.

El proceso de moldeo actual en sí no consume tiempo, sino más bien el tiempo de secado, ya que para facilitar el moldeo, la masa debe contener un porcentaje alto de agua. Otro factor es el rebabado. Cuando los ladrillos son sacados del molde sufren deformación en los bordes, y como el molde es de madera, también sufre deformaciones en las caras, por lo que es necesario realizar un rebabado con cuchillas en los bordes y en las caras de los ladrillos. Esto se debe realizar ladrillo por ladrillo, para luego continuar con el proceso de secado.

Este trabajo pretende reducir ese tiempo, ya que con el moldeo en extrusora no será necesario el proceso de rebabado, y como la masa debe contener menos porcentaje de agua, el tiempo de secado será menor.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISEÑO DE MÁQUINA EXTRUSORA

### 4.1. Especificaciones y Requerimientos

El diseño de la máquina extrusora debe ser realizado en base a la aplicación que recibirá. Estos requerimientos tienen que ver con el lugar en el que la máquina será utilizada, la disponibilidad de mantenimiento, el tiempo promedio de utilización de la misma, etc. Estos factores se enlistan a continuación.

La ladrillera se encuentra al aire libre, expuesta al polvo y demás factores naturales.

Debido a que el personal que trabaja en la ladrillera es mínimo y el uso que se le dará a la extrusora continuo, el nivel de mantenimiento será escaso.

La máquina extrusora será utilizada casi de manera permanente, ya que la producción no se detiene. El tiempo máximo de espera de la máquina será de 3 días.

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

La extrusora de ladrillos como cualquier máquina debe cumplir ciertas especificaciones de diseño para que funcione correctamente.

Como ya se explicó en el capítulo 2 de este trabajo, MARCO TEÓRICO, hay dos factores muy importantes que inciden en el producto final extruido: el porcentaje de agua y el nivel de presión.

Para nuestra aplicación, ladrillos artesanales, se ha definido que la masa, aunque debe ser plástica debe ser conformada de un 15% a 20% de agua, y ser extruida con una presión media para evitar fisuras y grietas. Como se explicó en el capítulo 3, SITUACIÓN ACTUAL DE LADRILLERA, actualmente la masa con la que se elaboran los ladrillos es el producto de la mezcla de arcilla, agua y aserrín. El nivel de presión será establecido por la fuerza del hombre promedio con la geometría de la manivela de la prensa, que será producto del diseño detallado.

Otros factores importantes que inciden en el producto final son el área de salida de la masa. Este factor tiene relación directa con la geometría del dado. Es obvio que cuantos menos agujeros tenga el molde y de menor diámetro sean, más elevada deberá ser el nivel de presión de extrusión.

Así mismo, para que el flujo de la masa sea apropiado hay que tener en cuenta las dimensiones del área de sección transversal del ladrillo, esto quiere decir que la mayor dimensión del ladrillo debe ser menor que el diámetro del pistón, o su longitud equivalente como la diagonal de un pistón (placa) rectangular. Ver FIGURA 2.6.

El tamaño de la máquina extrusora debe permitir un moldeo conveniente de los ladrillos, ya que al ser de tipo artesanal requerirá de la manipulación del hombre, tanto en la fase de llenado del barril con la masa, como de ejercer la presión necesaria para la extrusión. La longitud de la extrusora debe ser tal que, permita el moldeo de tres ladrillos promedio en una sola extrusión. Su altura debe acomodarse a la altura promedio de un ser humano, para que la maniobra de la máquina extrusora sea cómoda.

## **4.2. Diseño de elementos mecánicos**

### **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.

Ver planos del anexo 1.

### **4.3. Selección de materiales**

Como ya se mencionó 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.

#### 4.4. Diseño detallado de extrusora

##### Parámetros de diseño:

- Reducción de "radio"  $\Rightarrow R_o/R_f$
- 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:  $\alpha=20^\circ$

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

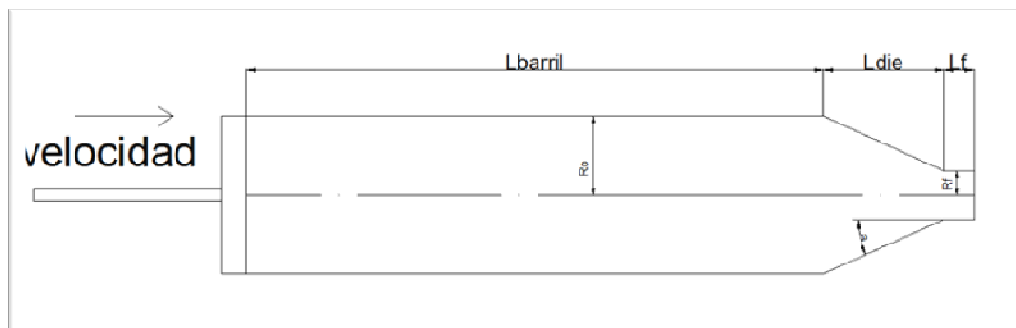
$$\% \text{reduccion\_de\_area} = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

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

$$\Rightarrow A_o = \frac{9,6 \times 10^{-3}}{1 - 0,25}$$

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

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



**FIGURA 4.1. 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.

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

$$\%reduccion\_de\_area = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100 = 50\%$$

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

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

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

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

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

$$R_o = 110mm$$

$$R_f = 55mm$$

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

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

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

$$L = 150mm$$

Estos cálculos y dimensiones se pueden ver reflejados en los planos adjuntos.

# CAPÍTULO 5

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Proceso de moldeo

Con el prototipo fabricado, se realizaron varias pruebas en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, tomando muestras de arcillas combinada con aserrín y agua, de la ladrillera ubicada en el sector de Pascuales vía a la Aurora, perteneciente a la familia Huacón.



**FIGURA 5.1. PROTOTIPO CONSTRUIDO**

Se observaron los problemas ocurridos, primero debido a la composición de la masa, y luego por el diseño del prototipo extrusor.



**FIGURA 5.2. MEZCLA INICIAL**

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.



**FIGURA 5.3. EXTRUSION DE LADRILLOS CON PROTOTIPO**

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. Esto se puede observar en el anexo 8.

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%. Ver anexo 7.



**FIGURA 5.4. RETIRO DE LADRILLOS PARA SIGUIENTE PRUEBA**



**FIGURA 5.5. LADRILLOS DISPUESTOS A SECADO**

#### **4.1. Tiempos de procesos**

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

##### **Tiempo de moldeo:**

Como se mencionó en el CAPÍTULO 3, SITUACIÓN ACTUAL DE LADRILLERA, 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.



# CAPÍTULO 6

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. 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 incremente 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 las mismas, 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.

## **5.2. 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.

## **ANEXO A**

### **PLANOS DE MAQUINA EXTRUSORA PARA LA ELABORACION DE LADRILLOS ARTESANALES**

## ANEXO B

### MÉTODO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO ( $w_L$ ) DE LOS SUELOS

#### Equipo:

- **Bandeja de evaporación.**- De porcelana de aproximadamente 11.5 cm (4 1/2") de diámetro.
- **Espátulas.**- Con hoja flexible de 7.6 cm de largo por 1.9 cm de ancho.
- **Aparato de límite líquido.**- Un aparato mecánico consistente de una copa de bronce montada en un brazo con su soporte, y base de caucho duro.
- **Acanalador.**- Que a su vez es calibrador.
- **Recipientes.**- Adecuados tales como cristales de reloj con tapa que impidan la pérdida de la humedad mientras se pesan los materiales.
- **Balanza** con sensibilidad de 0.1 g.

#### Muestra:

Se toma una muestra de aproximadamente 50 gramos, de la parte del material que pasa el tamiz N° 40, obtenida de acuerdo con la AASHTO-T-87 (Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte).

**Ajuste del aparato mecánico:**

El aparato para determinar el límite líquido debe ser revisado antes del ensayo, para cerciorarse de que se encuentra en buen estado.

Utilizando el calibrador del brazo del acanalador y el brazo de ajuste, se calibra la elevación máxima de la copa con respecto a la base de caucho endurecido, medida desde el punto en que la copa hace contacto con la base, a fin de que ésta sea exactamente 1 cm. El brazo de ajuste debe ser entonces asegurado por medio de los tornillos de ajuste, manteniendo el calibrador en su sitio, la calibración se comprueba rotando varias veces la palanca.

**Procedimiento:**

1. Se coloca la muestra de la bandeja de evaporación, se le agrega de 15 a 20 cc de agua y se mezcla con la espátula hasta obtener una masa uniforme. Se continúa añadiendo agua en cantidad variable de

1 a 3 cc cada vez, mezclando con la espátula el material después de cada adición de agua. La copa del aparato de Límite Líquido no debe ser usada para mezclar la muestra con agua.

2. Cuando se ha mezclado la muestra con suficiente cantidad de agua para obtener una masa uniforme, de consistencia dura, se coloca una pequeña cantidad de esta masa sobre la parte de la copa que asienta en la base, se aplasta el material con la espátula hasta emparejar la superficie de forma tal que la torta no tenga más de 1 cm de alto en su parte más gruesa, retirando el exceso a la bandeja de preparación. Se trata de un canal sobre el eje de la copa con el acanalador, para evitar que la masa se resbale sobre la copa, se pueden hacer hasta seis pasadas del acanalador, ya sea de atrás hacia adelante o viceversa. La profundidad de corte debe aumentar con cada pasada, hasta que en la última pasada que se haga, el acanalador divide la muestra en toda la longitud del canal.
3. Rotando la palanca, se hace subir y bajar la copa al ritmo de dos revoluciones por segundo, hasta que la muestra se una en la parte inferior del canal, en una longitud de media pulgada. Se registra el número de golpes necesarios para unir la muestra en la longitud indicada.

4. Se toma una rebanada de la muestra, aproximadamente del ancho de la espátula y que se extienda de un extremo a otro de la torta, en sentido perpendicular al canal e incluyendo aquella parte en que se cerró el canal, y se coloca en un recipiente adecuado. El recipiente y su contenido se pesan y se anota el peso. Luego se coloca el material del recipiente a temperatura constante de 110° C durante 24 horas y luego se pesa. Se registra este peso y se calcula la pérdida de peso al secar el material, anotándolo como el peso del agua contenido en la muestra.
  
5. Se retira el sobrante del material de la copa y se lo coloca en el recipiente de porcelana. La copa y el acanalador deben lavarse y secarse para iniciar el siguiente punto.
  
6. Se repite por lo menos dos veces más el procedimiento anterior añadiendo para cada caso una pequeña cantidad de agua, a fin de obtener una resistencia de la masa de ensayo más suave en cada caso.

El fin de este procedimiento es obtener por lo menos obtener una muestra cuya consistencia produzca ensayos dentro de cada uno de los siguientes límites de golpes: 25-35, 20-30, 15-25.

**Cálculos:**



El contenido de agua del suelo debe expresarse como el porcentaje de contenido de humedad, en relación con el peso de la muestra secada en el horno.

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

### **Preparación de la curva de escurrimiento:**

La curva de escurrimiento representa la relación de su contenido de humedad y su correspondiente número de golpes. Se utiliza papel semilogarítmico para trazar la curva de escurrimiento, y la escala logarítmica representará el número de golpes y la escala lineal el porcentaje de humedad. Se traza una línea recta entre los tres o más puntos marcados.

El contenido de humedad que corresponde a la intercepción de la línea de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes debe tomarse como límite líquido del suelo.

En algunas ocasiones por efecto de que se tiene poca práctica o porque el suelo tiene algo de arena fina es difícil obtener una línea de escurrimiento uniendo los tres o cuatro puntos, en ese caso el profesor William Lambe propuso la fórmula:

$$W_L = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde,

N = número de golpes

W = humedad correspondiente a N

**ANEXO C**

## MÉTODO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL LÍMITE PLÁSTICO ( $W_P$ ) DE LOS SUELOS

### Equipo:

- Bandeja de evaporación, de porcelana, con un diámetro aproximado de 11.4 cm.
- Espátula, con hoja de 7.6 cm de largo por 1.9 cm de ancho.
- Superficie para enrollado, plana de vidrio, o una hoja de papel vidriado para enrollar la muestra.
- Recipientes, tales como cristales de reloj con tapa, que impidan la pérdida de humedad mientras se pesan los materiales.
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g.

### Muestra:

Se toman aproximadamente 8 gramos de la muestra que ha sido previamente hidratada y mezclada de acuerdo a las especificaciones AASHTO-T-89 (Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte).

El material debe retener suficiente humedad para que sea posible formar una bola sin que se pegue demasiado a los dedos al ser aplastado. Cuando se toma la muestra antes de hacer el ensayo del Límite Líquido, debe dejarse que se evapore el exceso de humedad, al aire libre, hasta completar el ensayo del límite líquido. Si la muestra ha sido tomada después del ensayo del límite líquido y está demasiado seca como para hacerse los rollitos, debe añadirse más agua.

**Procedimiento:**

1. A la muestra de 8 gramos se le da una forma elipsoidal con los dedos, luego se hace correr esta masa entre la superficie de vidrio y la mano, con presión suficiente para permitir que se haya formado un rollo uniforme.

El ritmo de enrollado debe ser de 80 a 90 movimientos completos de la mano hacia adelante y hacia atrás.

2. Cuando el diámetro del rollo llegue a 3 mm se lo rompe en 6 u 8 pedazos, se lo amasa nuevamente con los dedos para volver a la forma elipsoidal y repetir el enrollado. Este procedimiento debe continuar hasta que el rollo de la muestra se desmorone durante el

enrollado. Esto puede ocurrir antes de que el rollo obtenga el diámetro de 3 mm.

Se considera satisfactorio siempre que se haya formado antes el hilo de 3mm.

El rollo se desmorona de diferentes maneras, dependiendo de la clase de suelo; algunos se disgregan en numerosos fragmentos, otros forman una capa tubular que comienza a romperse en los extremos, continuando hacia el centro hasta que se divide en varias partes. Los suelos muy arcillosos se vuelven duros al aproximarse al límite plástico y finalmente se rompen en varios fragmentos en forma de barril de 6 a 9 mm de largo.

No debe tratarse de producir la fractura del hilo disminuyendo la velocidad o presión de la mano cuando se ha llegado al grueso de 3 mm. Cuando el rollo llega a tener el grosor indicado, debe dividírselo en varios fragmentos y formarse la bola nuevamente para repetir el enrollado. Con los suelos de baja plasticidad se puede reducir el grado de formación, haciendo el hilo con los dedos hasta aproximarse a 3 mm.

3. Se recogen los fragmentos de hilo fracturado y se los coloca en un recipiente destapado. Se pesa la muestra con el recipiente y se anota el resultado en la hoja del informe. A continuación, se seca en horno a 110° C la muestra y se pesa de nuevo, anotándose este valor.

La pérdida de peso se anota como peso del agua.

### **Cálculos:**

El  $W_p$  se calcula, expresando como contenido de agua, en porcentaje del peso de la muestra secada al horno.

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100$$

Se indica el límite plástico como el número entero más próximo.

Se calcula el ÍNDICE PLÁSTICO de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico de la siguiente manera:

$$\text{ÍNDICE PLÁSTICO} = \text{Límite líquido} - \text{Límite plástico}$$

Esta diferencia es el Índice Plástico, excepto en los siguientes casos:

- Cuando el  $w_L$  o el  $w_p$  no pueden ser determinados, indíquese el IP como NO plástico (N.P.)
- Cuando el suelo es muy arenoso, el  $w_p$  deberá determinarse antes del  $w_L$ . Si el  $w_p$  no puede ser determinado, indíquese tanto el  $w_L$  como el  $w_p$  como NP.
- Cuando el  $w_p$  es igual o mayor que el  $w_L$ , indíquese el IP como NP.

## ANEXO D

### MÉTODO ESTÁNDAR PARA DETERMINAR LA CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA

#### Objetivo:

El límite de contracción tiene como objetivo obtener el contenido de humedad por debajo del cual no se presenta cambio adicional en el volumen de una masa de suelo y obtener una indicación cuantitativa del cambio total que pueda ocurrir.

Este procedimiento proporciona la información necesaria para la determinación de las siguientes características de un suelo: Límite de Contracción, Relación de Contracción, Cambio Volumétrico, Contracción Lineal.

#### Equipo:

- **Escudillas.-** Escudillas de porcelana: una de 11.4 cm de diámetro y otra de 15.2 cm, aproximadamente.
- **Espátulas.-** Una espátula que tenga una hoja de 7.5 cm de ancho aproximadamente.



- **Vasitos.-** Un vasito de porcelana, o metálico, con fondo plano de 4.4 cm de diámetro por 1.27 cm de alto, aproximadamente.
- **Regla.-** Una regla metálica de 30 cm de largo aproximadamente.
- **Vaso de vidrio.-** de 5 cm de diámetro por 2.5 cm de altura, cuyos bordes superiores sean paralelos a su base.
- **Plancha de vidrio.-** Una plancha de vidrio con tres salientes o púas para sumergir en mercurio el suelo moldeado.
- **Graduado.-** Un graduado de cristal, cuya capacidad sea de 25 ml y con graduaciones de 0.2 mm.
- **Balanza.-** Una balanza sensible de 0.01 gramos.
- **Mercurio.-** Suficiente cantidad de mercurio para llenar el vaso de cristal.

#### **Muestra:**

Una muestra que pese alrededor de 30 gramos, deberá tomarse la porción bien mezclada que pase el tamiz N° 40 y que ha sido preparada de acuerdo a los métodos estándar para la preparación de muestras de suelo perturbado (AASHTO-T-87 y T-146).

#### **Procedimiento:**

1. La muestra se colocará en la escudilla de porcelana que tiene 4 1/2" de diámetro, mezclándola debidamente añadiendo agua en cantidad

suficiente para llenar por completo los vacíos del suelo, y obtener así una masa de suelo suficientemente pastosa como para llenar el vasito de porcelana sin inclusión de burbujas de aire.

La humedad requerida para producir la consistencia deseada en suelos friables es igual o ligeramente mayor que el Límite Líquido, y la humedad necesaria para producir la consistencia deseada en suelos plásticos pueden exceder al Límite Líquido hasta en un 10%.

2. Las paredes interiores del vasito de porcelana deberán ser cubiertas con una delgada capa de vaselina u otro tipo de grasa pesada, a fin de prevenir la adherencia del suelo a sus paredes. Una cantidad de suelo húmedo aproximadamente igual a la tercera parte del volumen del vasito se colocará en el centro de éste y se golpeará ligeramente el vasito sobre una superficie firme, encima de la cual se colocarán varias hojas de papel secante u otro material, para suavizar la superficie, a fin de que la masa del suelo se extienda hacia los bordes del vasito.

## ANEXO E

# ANÁLISIS #1 DE ARCILLA DE LADRILLERA EN PANCHO NEGRO



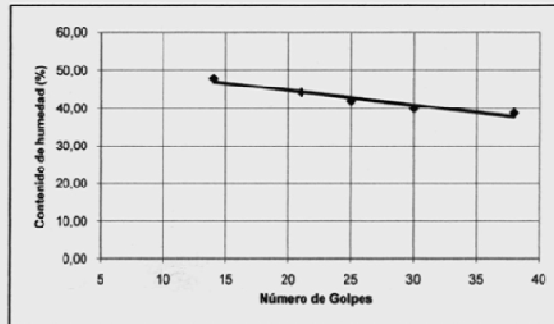
**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES**  
 "Ing. Raúl Maruri Díaz"

## ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LÍMITE LIQUIDO Y PLÁSTICO

Proyecto: Tesis: MERY CUN SANGHEZ Fecha: 26/11/2008  
 Perforación: \_\_\_\_\_  
 Muestra: Arcilla  
 Profundidad: \_\_\_\_\_

### LÍMITE LIQUIDO

	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente	35	133	22	5	101	
Recipiente+peso húmedo (gr.)	21,62	19,04	18,35	15,14	17,42	
Recipiente+peso seco (gr.)	16,65	15,11	14,83	12,56	14,26	
Peso del recipiente (gr.)	6,27	6,20	6,43	6,09	6,11	
Peso del agua (gr)	4,97	3,93	3,52	2,58	3,16	
Peso seco (gr)	10,38	8,91	8,40	6,47	8,15	
Número de Golpes	14	21	25	30	38	
Humedad (%)	47,88	44,11	41,90	39,88	38,77	



### LÍMITE PLÁSTICO

	1	2	3
Número del Recipiente	11	7	15
Recipiente+peso húmedo (gr.)	24,24	11,61	11,51
Recipiente+peso seco (gr.)	23,36	10,58	10,47
Peso del recipiente (gr.)	19,75	6,30	6,17
Humedad (%)	24,38	24,07	24,19


$W_L = 42,74 \%$   
 $W_p = 24,21 \%$   
 $I_p = 18,53 \%$

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 Operador: Ing. Julio Garcia   
 Calculado por: Ing. Carmen de Varela  
 Verificado por: \_\_\_\_\_



LABORATORIO DE  
 MECÁNICA DE SUELOS  
 ROCAS Y MATERIALES.

## ANÁLISIS #2 DE ARCILLA DE LADRILLERA EN PANCHO NEGRO

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b>	
	FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "Ing. Raúl Maruri Díaz"	
<b>LIMITE DE CONTRACCION</b>		
Referencias: AASHTO T9268, ASTM D-427		
Proyecto: _____	Tesis: MERY CUN SANCHEZ	Localización: _____
Perforación No: _____	Muestra No: _____	Profundidad: _____ m
Descripción del suelo: _____	Arcilla	Fecha: 26-nov-08

Determinación de V = Volumen del suelo húmedo moldeado	
Peso de recipiente lleno de Hg =	205,6 gr
Peso de recipiente =	37,52 gr
Peso de Hg =	168,08 gr
Densidad de Hg =	13,6 gr/cm <sup>3</sup>
V =	12,36 cm <sup>3</sup>

Determinación del contenido de humedad, w%	
Peso húmedo+recipiente (Wh+r) =	58,87 gr
Peso seco + recipiente (Wo+r) =	52,34 gr
Peso del recipiente (r) =	37,52 gr
Peso del agua (Ww) =	5,53 gr
Peso seco (Wo) =	14,82 gr
Contenido de humedad w% =	44,06%


Determinación de Vo = Volumen de suelo seco moldeado	
Peso mercurio desplazado (W <sub>Hg</sub> ) =	114,23 gr
Volumen de mercurio desplazado =	8,40 cm <sup>3</sup>
Volumen de suelo seco (Vo) =	8,40 cm <sup>3</sup>

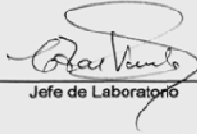
Límite de Contracción	
W <sub>c</sub> = 17,34%	

Operador: Ing. Julio Garcia  
Calculado por: \_\_\_\_\_




LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
ROCAS Y MATERIALES.



\_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio

ANEXO G

# ANÁLISIS #1 DE ARCILLA DE LADRILLERA EN PASCUALES



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
*"Impulsando la Sociedad del Conocimiento"*

www.espol.edu.ec

Proyecto: Tesis de Graduación - Mery Cun Sanchez      Fecha: 07/09/2010

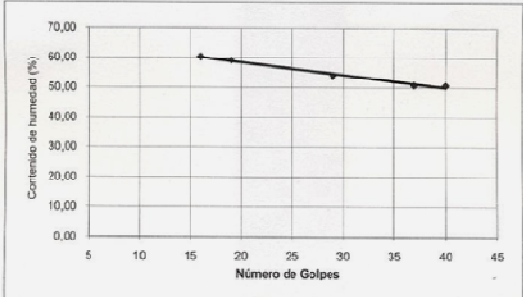
Perforación: \_\_\_\_\_

Muestra: 1

Profundidad: \_\_\_\_\_

**LÍMITE LÍQUIDO**

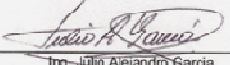
	1	2	3	4	5	6
Número del Recipiente	63	21	85	133	111	
Recipiente+peso húmedo (gr.)	17,51	21,98	23,33	21,15	18,59	
Recipiente+peso seco (gr.)	13,55	16,08	19,40	15,92	14,22	
Peso del recipiente (gr.)	5,74	6,09	11,67	6,21	8,30	
Peso del agua (gr.)	3,96	5,90	3,03	5,23	4,77	
Peso seco (gr.)	7,81	9,99	7,73	9,71	7,92	
Número de Golpes	40	19	37	29	16	
Humedad (%)	50,70	59,06	50,84	53,86	60,23	



**LÍMITE PLÁSTICO**


	1	2	3
Número del Recipiente	1	5	6
Recipiente+peso húmedo (gr.)	33,97	37,12	36,46
Recipiente+peso seco (gr.)	32,80	36,00	34,75
Peso del recipiente (gr.)	26,68	30,29	26,06
Humedad (%)	19,15	19,61	19,68

Observaciones: \_\_\_\_\_



Ing. Julio Alejandro Garcia

Coordinador de Laboratorio de Mecánica de Suelos, Rocas y Materiales




LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE SUELOS  
ROCAS Y MATERIALES

Guayaquil: Campus "Gustavo Galindo B", Km. 30,5 Vía Perimetral, contiguo a la Calle Santa Cecilia • Casilla 09401-5883  
 Fax: (593-4) 2854629 • Teléfonos: 2269269 - 2850841 - 2851094 - 2854482 - 2854550 - 2854518 - 2854406 - 2854591  
 Campus "Las Peñas": Antelón 100 y Loja • Fax: (593-4) 2330283 • Teléfonos: 2330491 - 2330271  
 Quito: Av. 6 de Diciembre N.33-35 v. Ac. Eliseo Altamirano Esp. Teoría Blanca Pisos 2 • Casilla: 17401-1076 • Teléfonos: (506-7) 9891400 - 940100 - 9988160 - 967066 - 966640

# ENSAYO DE RESISTENCIA DE ARCILLA DE PASCUALES

[www.espol.edu.ec](http://www.espol.edu.ec)

 **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
"Impulsando la Sociedad del Conocimiento"

Guayaquil, 7 de septiembre

Srta.  
**MERY CUN SANCHEZ**  
Ciudad.

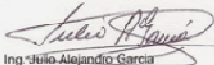
**INFORME: ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN LADRILLOS**  
Ubicación: Pascuales


**AREA:** 110 cm<sup>2</sup>

**RESULTADO DE LOS ENSAYOS**

Ladrillo	altura	Área	CARGA	Resistencia a la compresión	
#	cm.	cm <sup>2</sup>	Kilos	k/cm <sup>2</sup>	lb/pul <sup>2</sup>
1	5,00	110,00	4871	44,28	628,80
2	5,00	110,00	3650	33,18	471,18

Atentamente

  
Ing. Hilda Alejandra García  
Coordinador de Laboratorio de Mecánica de Suelos, Rocas y Materiales  
FICT - ESPOL


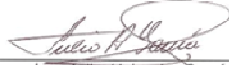
  
**LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS  
ROCAS Y MATERIALES.**

Guayaquil: Campus "Castro Galindo E", Av. 50.3 Vía Perimetral, congreso a la Calle Somo Cevallos • Casilla: 09-01-5863

ANEXO I

# ENSAYO DE CONTRACCIÓN DE ARCILLA DE PASCUALES

BI  
B  
LI  
O  
G  
R  
A  
FÍ  
A

	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL</b> FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y RESISTENCIA DE MATERIALES "Ing. Raúl Maruri Díaz"
<b>LIMITE DE CONTRACCION</b> Referencias: AASHTO T9268, ASTM D-427	
Proyecto: <u>Tesis de Grado - Mery Cun Sanchez</u> Localización: _____	
Perforación No: _____	Muestra No: _____ Profundidad: _____ m
Descripción del suelo: _____ Fecha: Septiembre 2010	
<b>Determinación de V = Volumen del suelo húmedo moldeado</b>	
Peso de recipiente lleno de Hg =	21,53 gr
Peso de recipiente =	37,4 gr
Peso de Hg =	174,13 gr
Densidad de Hg =	13,6 gr/cm <sup>3</sup>
V =	12,80 cm <sup>3</sup>
<b>Determinación del contenido de humedad, w%</b>	
Peso húmedo+recipiente (Wh+r) =	60 gr
Peso seco + recipiente (Wo+r) =	53,42 gr
Peso del recipiente (r) =	37,4 gr
Peso del agua (Ww) =	6,58 gr
Peso seco (Wo) =	16,02 gr
Contenido de humedad w% =	41,07%
<b>Determinación de Vo = Volumen de suelo seco moldeado</b>	
Peso mercurio desplazado (W <sub>Hg</sub> ) =	100,8 gr
Volumen de mercurio desplazado =	7,41 cm <sup>3</sup>
Volumen de suelo seco (Vo) =	7,41 cm <sup>3</sup>
<b>Límite de Contracción</b>	
W <sub>c</sub> = 7,42%	
Operador: _____	
Calculado por: _____	
 Ing. Julio Alejandro García	

\_\_\_\_\_. "Arcilla", [www.es.wikipedia.org/wiki/Arcilla](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Arcilla), Junio, 2008.



2. \_\_\_\_\_. "Propiedades de la arcilla", [www.arqhys.com/arcilla-propiedades.html](http://www.arqhys.com/arcilla-propiedades.html), Agosto, 2008.
3. GARCÍA, E. SUÁREZ, M. "Las arcillas: propiedades y usos". [www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm), Agosto, 2008.
4. \_\_\_\_\_. "Ladrillo", [www.es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Ladrillo), Julio, 2008.
5. \_\_\_\_\_. "Etimología de extrusión", [www.etimologias.dechile.net/?extrusion](http://www.etimologias.dechile.net/?extrusion), Julio, 2008.
6. ELÍAS, X. "La fabricación de los materiales cerámicos", [www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID58.pdf](http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID58.pdf), Agosto, 2008.
7. JAMES S. REED, "Introduction to the Principles of Ceramic Processing", 1988