



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ”

Autores:

Almache Oña Brayan Paúl

Venegas Trávez Hernán Israel

Tutores:

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez; Ms.C.

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Ph.D.

Latacunga - Ecuador

Julio 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Almache Oña Brayan Paúl** y **Venegas Trávez Hernán Israel** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ**”, expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Almache Oña Brayan Paúl

C.C: 050396293-8

Venegas Trávez Hernán Israel

C.C: 050378413-4



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ”**, de **Almache Oña Brayan Paúl y Venegas Trávez Hernán Israel**, de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2019

El Tutor

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez, Ms.C.

C.C: 050311373-0



AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Almache Oña Brayan Paúl y Venegas Trávez Hernán Israel con el título de Proyecto de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún
C.C: 050178243-7

Lector 2
Nombre: Ing. Luis Miguel Navarrete López
C.C: 180374728-4

Lector 3
Nombre: Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera
CC: 050215089-9

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, Julio 2019

Sr. Iván Raúl Almache Cayo

Gerente General de la microempresa “Rey Saúl”

Presente. -

En calidad Gerente General de la microempresa “Rey Saúl”, confirmo la realización del proyecto **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ”**. Implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de **Ingeniería Electromecánica**; con **Almache Oña Brayan Paúl C.C: 050396293-8** y **Venegas Trávez Hernán Israel con C.C: 050378413-4**. Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Sr. Iván Raúl Almache Cayo

Gerente General de la microempresa “Rey Saúl”

C.C: 050179399-6

DEDICATORIA

La concepción de esta propuesta tecnológica está dedicada a mis padres Iván y Blanca por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y que gracias a su apoyo incondicional me han enseñado a nunca rendirme y a sobresalir ante cualquier circunstancia, a mis hermanos que siempre me han brindado ánimos para culminar mis metas, y finalmente se lo dedico a toda mi familia por sus consejos para salir adelante.

Almache B.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a mis padres Hernán y Mery por ser guía y base fundamental durante el desarrollo de la carrera y el proyecto de grado, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre, a mi hermano Bryan por el apoyo incondicional durante todo este proceso, a toda mi familia que con sus consejos y palabras de aliento me acompañan en todos mis sueños y metas.

Venegas I.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme tener salud y sabiduría para concluir mis estudios. A mi madre por su amor y comprensión brindada durante toda esta etapa de mi vida. A mi padre por ser un ejemplo a seguir y brindarme su ayuda y apoyo constante además de enseñarme el valor de la responsabilidad y perseverancia. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores, al Ing. M.sc. Mauro Darío Albarracín Álvarez, por su paciencia y apoyo para culminar con éxito este trabajo.

Almache B.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad, quien con su bendición orienta siempre mi vida y la de mi familia, a mis padres gracias a su cariño y comprensión logré realizar una de las aspiraciones más grandes de la vida resultado de la confianza y el amor depositados en mí y con los cuales logré concluir mis estudios profesionales que es el legado más grande que pudiera recibir. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de crecer día a día como profesional y finalizar mis estudios superiores. Finalmente quiero expresar mi agradecimiento al Ing. M.sc. Mauro Darío Albarracín Álvarez, quien con su dirección y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Venegas I.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1 Título de la propuesta tecnológica	3
2.2 Tipo de alcance	3
2.3 Área del conocimiento	3
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción	4
2.5.1 Objeto de estudio	4
2.5.2 Campo de acción	4
2.6 Situación problémica y problema	4
2.6.1 Situación problémica:	4
2.6.2 Problema.....	5
2.7 Hipótesis o formulación de pregunta científica	5
2.8 Objetivos	5
2.8.1 Objetivo general	5
2.8.2 Objetivos específicos.....	5
2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	6

3. MARCO TEÓRICO	7
3.1 Antecedentes investigativos.....	7
3.2 Arcilla	8
3.2.1 Propiedades de la arcilla.....	8
3.2.1.1 Plasticidad.....	8
Porosidad	8
3.3 Concepto, características y usos de los ladrillos.....	9
3.3.1 Ventajas	10
3.4 Clasificación de los ladrillos.....	11
3.5 Definición y principio de funcionamiento de una extrusora.....	11
3.6 Procesos de producción.....	12
3.6.1 Artesanal:.....	12
3.6.2 Semi-Industrial:	12
3.6.3 Industrial:.....	13
3.7 Tipos de prensas de extrusión.....	13
3.8 Factores dependientes de la maquinaria de extrusión.....	14
3.8.1 El pistón.....	14
3.8.2 Los rodillos	14
3.8.3 La Hélice.....	14
3.9 Defectos en la extrusión.....	15
3.10 Proceso de Extrusión.....	15
3.11 Propiedades y factores que inciden en la extrusión	16
3.11.1 El flujo en la extrusión.....	18
3.12 Componentes de la extrusora	18
3.12.1 Máquina.....	18
3.12.2 El tornillo de extrusión	19
3.12.3 Cilindro.....	19
3.12.4 Tolva.....	19
3.12.5 Cabezal y boquilla	20
3.12.6 Garganta de alimentación	20
3.12.7 Engranajes	20
3.12.8 Alabes o Filetes o Paleta Pistón.....	21
3.13 Uniones	21

3.13.1	Uniones permanentes.....	21
3.13.1.1	Soldaduras de tope	21
3.13.1.1.1	Área efectiva.....	21
3.13.1.1.2	Limitaciones	23
3.13.1.2	Soldaduras filete.....	23
3.13.1.2.1	Área efectiva.....	23
3.13.1.2.2	Limitaciones	24
3.13.2	Uniones no permanentes.....	25
3.13.2.1	Ubicación de pernos	25
3.13.2.2	Pernos en combinación con soldaduras.....	25
3.13.2.3	Pernos de alta resistencia en combinación con remaches	25
4.	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO	26
4.1	Declaración de variables	26
4.1.1	Variable Independiente.....	26
4.1.2	Variable Dependiente	26
4.2	Operacionalización de las variables.....	26
4.3	Descripción de la máquina.....	26
4.4	Definición y diseño conceptual.....	29
4.4.1	Diseño conceptual.....	29
4.4.2	Funcionalidades de la máquina extrusora.....	29
4.4.3	Alcance de alternativas de la máquina extrusora de ladrillos.....	30
4.4.4	Análisis funcional.....	31
4.4.5	Análisis funcional de la máquina extrusora.....	31
4.4.5.1	Definición del análisis funcional	31
4.4.5.2	Solución a módulos.....	32
4.5	Diseño de máquina extrusora de ladrillos	33
4.5.1	Sistema de accionamiento	33
4.5.2	Sistema de alimentación	33
4.5.3	Sistema de extrusión.....	34
4.5.3.1	Volumen de extrusión.....	34
4.5.3.2	Diseño del tornillo extrusor	35
4.5.3.2.1	Cálculo de la longitud del tornillo extrusor.....	35
4.5.3.2.2	Área de flujo.....	35

4.5.3.2.3	Diámetro del eje	36
4.5.3.2.4	Ancho del filete	36
4.5.3.2.5	Ángulo de la hélice del canal	37
4.5.3.2.6	Cálculo del número de filetes del tornillo	37
4.5.3.2.7	Tolerancia del tornillo extrusor	37
4.5.3.3	Diseño del cilindro.....	37
4.5.3.3.1	Cálculo del radio interior del cilindro	38
4.5.3.3.2	Cálculo del radio exterior del cilindro.....	38
4.5.3.4	Diseño de la boquilla de extrusión.....	38
4.5.3.4.1	Reducción del área	38
4.5.3.4.2	Ángulo de la boquilla	39
4.5.3.5	Potencia para el proceso de extrusión.....	39
4.5.3.5.1	Cálculo del número de revoluciones	39
4.5.3.5.2	Cálculo de la fuerza.....	40
4.5.3.5.3	Cálculo del Torque	40
4.5.3.5.4	Cálculo de la Potencia	41
4.5.3.5.5	Cálculo de la fuerza axial sobre el eje.....	41
4.5.3.5.6	Fuerza axial resultante.....	41
4.5.3.5.7	Determinación de fuerza cortante.....	42
4.5.3.5.8	Determinación de la fuerza de fricción.	42
4.5.3.6	Cálculo de esfuerzos sobre el eje extrusor.....	42
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
5.1	Resultados de la ingeniería de requerimientos.....	44
5.2	Alcance de las alternativas.....	44
5.3	Factibilidad económica y técnica de las alternativas	46
5.4	Análisis funcional de la máquina extrusora	47
5.4.1	Sistema de accionamiento	48
5.5	Sistema de alimentación	48
5.6	Sistema de extrusión	49
5.7	Sistema de corte	49
5.8	Diseño de la máquina extrusora.....	50
5.8.1	Sistema de accionamiento	50
5.8.2	Sistema de alimentación	50

5.8.3	Sistema de extrusión.....	51
5.8.3.1	Volumen de extrusión.....	51
5.8.3.2	Diseño del tornillo extrusor	51
5.8.3.2.1	Cálculo de la longitud del tornillo extrusor.....	51
5.8.3.2.2	Área de flujo.....	51
5.8.3.2.3	Diámetro del eje	51
5.8.3.2.4	Ancho del filete	52
5.8.3.2.5	Ángulo de la hélice del canal	52
5.8.3.2.6	Cálculo del número de filetes del tornillo	52
5.8.3.2.7	Tolerancia del tornillo extrusor	52
5.8.3.3	Diseño del cilindro.....	52
5.8.3.3.1	Cálculo del radio interior del cilindro	52
5.8.3.3.2	Cálculo del radio exterior del cilindro.....	53
5.8.3.4	Diseño de la boquilla de extrusión.....	53
5.8.3.4.1	Reducción del área	53
5.8.3.4.2	Ángulo de la boquilla	53
5.8.3.5	Potencia para el proceso de extrusión.....	53
5.8.3.5.1	Cálculo del número de revoluciones	53
5.8.3.5.2	Cálculo de la fuerza.....	54
5.8.3.5.3	Cálculo del Torque	54
5.8.3.5.4	Cálculo de la Potencia	54
5.8.3.5.5	Cálculo de la fuerza axial sobre el eje.....	55
5.8.3.5.6	Fuerza axial resultante.....	55
5.8.3.5.7	Determinación de fuerza cortante.....	55
5.8.3.5.8	Determinación de la fuerza de fricción.	55
5.8.4	Cálculo de esfuerzos sobre el eje extrusor.....	55
5.8.4.1	Análisis de momento del tornillo extrusor.....	56
5.8.5	Sistema de corte.....	57
5.8.6	Diseño de la estructura de la máquina	58
6.	PRESUPUESTO.....	59
6.1	Análisis financiero	59
6.1.1	Costos directos.....	59
6.1.2	Costos Indirectos	59

6.1.3	Costo ingenieril.....	60
6.1.4	Análisis del TIR y el VAN	60
6.2	Análisis de impactos	62
6.2.1	Impactos técnicos	62
6.2.2	Impactos ambientales	62
6.2.3	Impactos Sociales	62
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
7.1	Conclusiones	63
7.2	Recomendaciones	63
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto.....	4
Tabla 2.2. Problemática.....	5
Tabla 2.3. Sistema de actividades por objetivos	6
Tabla 3.1. Clasificación de los ladrillos.....	11
Tabla 3.2. Porcentaje de agua y nivel de presión para varios sistemas de conformado.....	17
Tabla 3.3. Sistemas de conformado vs. Productos finales.....	17
Tabla 3.4. Garganta efectiva de soldaduras de tope con junta de penetración parcial.....	22
Tabla 3.5. Tamaño de Soldadura Efectiva de Soldaduras de Tope Biselada Curva	23
Tabla 3.6. Espesor Mínimo de Garganta Efectiva	23
Tabla 3.7. Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete	24
Tabla 4.1. Operacionalización de variables	28
Tabla 4.2. Funcionalidades de la máquina extrusora.....	30
Tabla 5.1. Resultados para la metodología de diseño	44
Tabla 5.2. Alcance de alternativas	45
Tabla 5.3. Evaluación económica	46
Tabla 5.4. Evaluación técnica	47
Tabla 5.5. Resultados de la evaluación técnica-económica	47
Tabla 5.6. Matriz de selección del sistema de accionamiento	48
Tabla 5.7. Matriz de selección del sistema de alimentación.....	49
Tabla 5.8. Matriz de selección del sistema de extrusión	49
Tabla 5.9. Matriz de selección del sistema de corte	49
Tabla 5.10. Velocidades de extrusión ensayo de experimentación.....	54
Tabla 6.1. Costos directos	59
Tabla 6.2. Costos indirectos	60
Tabla 6.3. Costos de la inversión total	60
Tabla 6.4. Flujo de caja anual	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Partes del ladrillo	10
Figura 3.2. Esquema de extrusora	12
Figura 3.3. Prensas de Extrusión	13
Figura 3.4. Distribución de velocidades de salida	13
Figura 3.5. Cámara del tornillo extrusor.....	14
Figura 3.6. Tornillo extrusor	15
Figura 3.7. Ladrillos defectuosos	15
Figura 3.8. Proceso de extrusión por hélices	16
Figura 3.9. Sistemas de moldeo en base al contenido de agua y presión inicial	18
Figura 3.10. Componentes de la extrusora	19
Figura 3.11. Garganta de alimentación	20
Figura 3.12. Engranaje	21
Figura 3.13. Filetes	21
Figura 4.1. Función global	31
Figura 4.2. Tornillo extrusor estándar	35
Figura 5.1. Tolva de alimentación	50
Figura 5.2. Tornillo extrusor diseñado.....	52
Figura 5.3. Diagrama de fuerzas del tornillos extrusor.....	56
Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre	56
Figura 5.5. Diagrama de carga	56
Figura 5.6. Diagrama de momento flector en el plano	57
Figura 5.7. Sistema de corte	57

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ”

Autores:

Almache Oña Brayan Paúl

Venegas Trávez Hernán Israel

RESUMEN

La demora en la producción de ladrillos generados por la elaboración del producto de manera artesanal, limita la economía en las microempresas de la localidad, el presente proyecto se refiere al estudio del proceso de moldeo de ladrillos, este tiene como propósito la implementación de una máquina extrusora de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl”, que permita mejorar el tiempo de elaboración en dicho proceso, mediante el análisis del conformado de la pieza a fabricar y del proceso de extrusión por el método de diseño conceptual, se considera los parámetros de diseño de la máquina extrusora de ladrillos haciendo uso de los fundamentos del diseño mecánico, teniendo en cuenta los requerimientos de los ladrillos en cuanto a dimensiones y propiedades físicas, además se someten a evaluación las distintas alternativas para la realización de cada una de las funciones que ejecuta la máquina para el diseño de los componentes mecánicos. La máquina extrusora implementada es la de tipo hélice o tornillo sin fin, en la que se ejecuta el diseño del tornillo, el cilindro, el sistema de transmisión, la boquilla, las variables mecánicas y de materiales, mecanismos para los que se consideran los parámetros de fuerzas de aplicación, velocidad de los mecanismos y potencia. Se realiza una evaluación de los costos para la construcción de la máquina incluyendo un análisis funcional de la misma donde se la compara con las existentes en el mercado con el fin de determinar los costos de adquisición y la capacidad de producción. La implementación de la máquina extrusora de ladrillo permite la reducción de tiempo de fabricación, así también el esfuerzo que emplean los obreros en la tarea de elaboración del mismo.

Palabras clave: Artesanal, implementación, máquina extrusora, mecanismos.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCES ENGINEERING AND APPLIED

THEME: “IMPLEMENTATION OF AN EXTRUDER MACHINE OF BRICKS IN THE MICRO-ENTERPRISE “REY SAÚL” OF THE SAQUISILI CANTON”

Authors: Almache Oña Brayan Paúl
Venegas Trávez Hernán Israel

ABSTRACT

The delay in the production of bricks generated by the elaboration of the traditional product, limits the economy in the micro-enterprise of the locality, the present investigation refers to the process study of brick molding, this has as its purpose the implementation of a brick extruder machine in the "Rey Saúl" micro-enterprise, that allows to improve the elaboration time in the above mentioned process, by means of the analysis the conformed of the piece to manufacture and of the process of extrusion for the method of conceptual design, it is considered to be the design parameters of the extruder machine of bricks using the foundations of the mechanical design, having in it counts the requirements of the bricks as for dimensions and physical properties, in addition the different alternatives surrender to evaluation for the accomplishment of each one of the functions that the machine executes for the design of the mechanical components. The extruder machine implemented is that of type propeller or screw without end, in that there is executed the design of the screw, the cylinder, the system of transmission, the mouthpiece, the mechanical variables and of materials, mechanisms for those who are considered to be the parameters of forces of application, speed of the mechanisms and power. An evaluation of the costs is realized for the construction of the machine including a functional analysis of the same one where she is compared by the existing ones on the market in order to determine the costs of acquisition and the capacity of production. The implementation of the extruder machine of brick allows the reduction of time of manufacture, like that also the effort that the workers use in the task of production of the same one.

Key words: Handcrafted, implementation, extruder machine, mechanisms.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la PROPUESTA TECNOLÓGICA al Idioma Inglés presentado por los señores **ALMACHE OÑA BRAYAN PAÚL** y **VENEGAS TRÁVEZ HERNÁN ISRAEL** de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS EN LA MICROEMPRESA REY SAÚL DEL CANTÓN SAQUISILÍ”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

.....
Lic. María Fernanda Aguaiza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 050345849-9



1. INFORMACIÓN GENERAL

Propuesto por:

Almache Oña Brayan Paúl
Venegas Trávez Hernán Israel

Tema aprobado:

“Implementación de una máquina extrusora de ladrillos en la microempresa Rey Saúl del cantón Saquisilí”

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director del proyecto de titulación:

Ing. Ms. C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

Equipo de trabajo:

Tutor:

Nombres: Mauro Darío
Apellidos: Albarracín Álvarez
Cédula de identidad: 050311373-0
Correo electrónico: mauro.albarracin@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombre: Almache Oña Brayan Paúl
Cédula de identidad: 050396293-8
Correo electrónico: brayan.almache8@utc.edu.ec
Dirección: Parroquia Saquisilí, Saquisilí, Cotopaxi

Coordinador 2:

Nombre: Venegas Trávez Hernán Israel
Cédula de identidad: 050378413-4
Correo electrónico: hernan.venegas4@utc.edu.ec
Dirección: Parroquia Tanicuchí, Latacunga, Cotopaxi

Lugar de ejecución:

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Saquisilí, Parroquia Saquisilí, Micoempresa “Rey Saúl”

Tiempo de duración del proyecto:

Marzo 2019 - Agosto 2019

Fecha de entrega:

Agosto 2019

Línea de investigación:

De acuerdo con lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación del presente proyecto es procesos industriales.

Sublínea de investigación

El proyecto de investigación se acoge a la sub línea de investigación: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

Tipo de propuesta tecnológica

Lo que se pretende desarrollar con la propuesta es una tecnología encaminada a una máquina extrusora de ladrillos, que satisfaga las necesidades de la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta tecnológica

“Implementación de una máquina extrusora de ladrillos en la microempresa Rey Saúl del cantón Saquisilí”

2.2 Tipo de alcance

La propuesta tecnológica es un proyecto de tipo productivo e integrador debido a que se convertirá en una alternativa para mejorar la fabricación de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí.

El presente proyecto tiene como alcance dimensionar una máquina extrusora de arcilla que tenga la capacidad de disminuir el tiempo de elaboración del ladrillo, con el propósito de reducir los costos de fabricación y cubrir la demanda en la microempresa.

2.3 Área del conocimiento

Según la norma CINE-UNESCO, el contenido de la presente propuesta tiene afinidad en el área de Ingeniería, industria y construcción, y su sub área de conocimiento 52, la cual es Ingeniería y profesiones afines, ya que dicha propuesta corresponde al diseño, construcción e implementación de una máquina extrusora de ladrillos, empleando conocimientos en sistemas mecánicos reduciendo así el tiempo y costos de producción.

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

Con la evolución tecnológica dada en los últimos tiempos, las pequeñas y grandes industrias se han visto en la necesidad de mejorar el proceso de producción, no sólo por el aumento en la calidad del producto sino también por el incremento en el proceso de elaboración.

Es por ello que se ha visto la necesidad de mejorar los productos utilizados en el área de la construcción, planteando en el presente proyecto como ejemplo el ladrillo. Por consiguiente, una de las pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de productos de arcilla para construcciones en Saquisilí será el campo de estudio, pues se encuentra en un nivel de demanda elevado tanto a nivel local, provincial y nacional, y por ello ésta microempresa ve la necesidad de incrementar su productividad.

De tal manera que, el proyecto va enfatizado a implementar una máquina extrusora en la microempresa “Rey Saúl”, ubicada en el barrio Calicanto del cantón Saquisilí, con lo cual se pretende aumentar el nivel de producción y así satisfacer las necesidades de la demanda.

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto

Directos	Microempresa “Rey Saúl”
Indirectos	Clientes

2.5 Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

Máquina extrusora de ladrillos.

2.5.2 Campo de acción

Diseño y construcción de una máquina extrusora de ladrillos.

2.6 Situación problemática y problema

2.6.1 Situación problemática:

En la provincia de Cotopaxi la fabricación de ladrillos se realiza de forma artesanal, por dicha razón la presente investigación va enfocada a la implementación de una máquina extrusora, que permita incrementar su producción.

En la microempresa “Rey Saúl” del cantón Saquisilí el proceso de elaboración de ladrillos se lo realizaba en base a un sistema de moldeo convencional que consiste en vaciar la mezcla homogénea agua-arcilla-aserrín en moldes de madera con ocho compartimientos rectangulares que darán forma a los ladrillos, actividad que reduce la producción de ladrillos y no satisface las necesidades de demanda actual, ya que con el proceso manual se retrasa la obtención del producto.

Con la implementación de la máquina extrusora se logró aumentar el nivel de producción de ladrillos y así satisfacer las necesidades de la demanda existente en la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí.

La tabla 2.2 muestra un reflejo detallado de la problemática.

Tabla 2.2. Problemática

Situación actual	La producción actual de los ladrillos en la microempresa lo realiza de una manera artesanal (a mano).
Identificación del problema	En la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí la cual realiza ladrillos de forma artesanal, la fabricación del producto es mínima debido al tiempo que conlleva la elaboración del ladrillo.
Situación futura deseada	Con el proyecto planteado se trata de disminuir el tiempo de producción y evitar el proceso manual que realizan las personas al obtener los ladrillos en la microempresa.
Propuesta de solución	Implementación de una máquina extrusora de ladrillos en la microempresa Rey Saúl del cantón Saquisilí.

2.6.2 Problema

El sistema de moldeo actual (artesanal), con el que elaboran ladrillos en la microempresa ‘Rey Saúl’, no es el adecuado para cubrir las necesidades de la demanda existente.

2.7 Hipótesis o formulación de pregunta científica

Con la implementación de la máquina extrusora en la microempresa ‘Rey Saúl’ se disminuirá el tiempo de elaboración de ladrillos, pues se tecnificará el sistema de moldeo y de esta manera, la producción se incrementará, y se cubrirán las necesidades de la demanda existente.

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo general

Implementar una máquina extrusora en la microempresa “Rey Saúl” del cantón Saquisilí, con el fin de reducir el tiempo de elaboración de ladrillos y cubrir las necesidades de la demanda existente.

2.8.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar un análisis comparativo de los diferentes sistemas de extrusión de arcilla que permita seleccionar el prototipo más adecuado.
- ✓ Diseñar la máquina extrusora de ladrillos en base a criterios técnicos que permitan obtener una mayor producción, con reducción de costos de fabricación.
- ✓ Disminuir el tiempo de elaboración de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí mediante la implementación de una máquina extrusora de arcilla.

2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Es importante realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para encaminar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel importante en la consecución de la propuesta tecnológica.

La tabla 2.3 muestra el sistema de actividades por objetivos.

Tabla 2.3. Sistema de actividades por objetivos.

Objetivo	Tareas por objetivo	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Realizar un análisis comparativo de los diferentes sistemas de extrusión de arcilla que permita seleccionar el prototipo más adecuado.	Investigar las diferentes ventajas y desventajas mediante la ingeniería conceptual entre las distintas extrusoras existentes en el mercado.	Seleccionar el tipo de extrusora a diseñar mediante un cuadro comparativo de los diferentes tipos de extrusoras.	Investigación documental y de campo
Diseñar la máquina extrusora de ladrillos en base a criterios técnicos que permitan obtener una mayor producción, con reducción de costos de fabricación.	Seleccionar los materiales y dispositivos mecánicos, aplicando la ingeniería en detalle y memoria de cálculo de materiales, para que su manejo sea sencillo y comprensible para los usuarios.	Conocimiento de las principales ecuaciones para el diseño de la máquina. Determinar los materiales adecuados para la construcción de la máquina.	Investigación documental y de campo
Disminuir el tiempo de elaboración de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl” del Cantón Saquisilí mediante la implementación de una máquina extrusora de arcilla.	Plantear un modelo alternativo de máquina extrusora de arcilla.	Recolección de datos de la optimización en el tiempo de extrusión. Diseño de los planos mecánicos con las dimensiones reales de la máquina.	Investigación experimental Metodología cuantitativa

3. MARCO TEÓRICO

La presente investigación tiene como fin brindar el conocimiento necesario sobre la “Implementación de una máquina extrusora de ladrillos”, para lo cual, como medida inicial se realizó una investigación detallada de temas en los que interviene una breve historia de la cerámica, el proceso de extrusión de ladrillos, los diferentes de mecanismos, dispositivos que una máquina extrusora mantiene y posteriormente tener un conocimiento claro sobre las características que esta máquina requiere para conocer el real desempeño en la industria ladrillera.

Todo esto a través de la revisión de temas que brindaron aportes significativos para el desarrollo del proyecto, con fundamentación científico técnica que estuvo ligada a autores e investigaciones similares generadas en diferentes contextos, propiciando datos reales que sirvan como modelo a seguir y se los pueda aplicar de la mejor manera. Logrando con esto nuevos conocimientos en los investigadores y posteriormente en las personas a quienes va dirigido el proyecto que son los productores de ladrillo, y en un futuro crear mejoras en el mercado artesanal, tanto en su procesamiento como en la elaboración y trabajo de la cerámica que se aplica en diferentes campos.

3.1 Antecedentes investigativos

Las investigaciones realizadas sobre sistemas de moldeo y extrusión de ladrillos se basan en equipos de construcción extranjera, maquinaria altamente eficiente e industrializada para una producción elevada, por ello, el presente documento tiene un apoyo de partida en las mismas, en el diseño y construcción del sistema. En Argentina, España, Italia y Alemania, países caracterizados en la construcción de maquinaria industrial, existen diferentes modelos de máquinas extrusoras de moldeo de ladrillo, siendo éstas: tipo tornillo, tipo paletas, y prensa neumática. [1]

De los años 80 a los 90 aparece la primera fábrica de ladrillos industrializados del norte argentino, el avance en la tecnología de fabricación dio un gran impulso a la industria ladrillera, con una mayor eficiencia en la calidad del material y en la reducción de los tiempos de fabricación. En una fábrica moderna totalmente automatizada, donde el proceso es continuo, la producción depende de una operación determinante en el producto final, que comprende la fabricación del producto por extrusión o prensado. [1]

Las indagaciones efectuadas por técnicos del país relacionadas al tema, se encuentran orientadas al ámbito productivo. Con un leve enfoque en proyectos de industrialización de los procesos, pues, hasta el momento el país no cuenta con un documento específico de información técnica científica sobre lo que se desea implementar.

3.2 Arcilla

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. [2]

El gran agente de transformación ha sido el agua, la cual al contener CO_2 y entrar en contacto con la roca feldespática, disuelve y se lleva el K_2O y parte de la sílice. La sílice y la alúmina restantes, después de un tiempo de contacto con la humedad se hidratan y se transforman en arcilla (caolín). [3]

3.2.1 Propiedades de la arcilla

3.2.1.1 Plasticidad

Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que uno desee. Esto puede ser debido a la finura del grano, la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa y la cantidad de materia orgánica. Debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado. 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. [3]

Porosidad

El grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. La cocción de las arcillas a bajas temperatura tiene un índice elevado de absorción puesto que son más porosas. Las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro, carbonato cálcico y otros componentes. [3]

3.3 Concepto, características y usos de los ladrillos

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 293:1977, define al ladrillo como una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formado paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería. [4]

[2] Define al ladrillo como una pieza cerámica, cuyas caras generalmente forman entre si ángulos rectos, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen rondar 24 x 1,5 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.

Los ladrillos de buena fabricación tienen que ser sólidos, resistentes, sin fisuras y que se puedan cortar de un simple golpe de paleta (cuchara de albañil). La forma debe ser homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches; no deben estar demasiado cocidos ni poco cocidos o blandos, por desmoronarse fácilmente. En resumen, el ladrillo tiene que tener una buena cocción, color uniforme, sonido claro y seco cuando se le golpea. Existe una gran variedad de tamaños y formas de ladrillos, y aunque el común es el macizo sus medidas oscilan alrededor de las que se consideran como propósito para este proyecto, que son de 9×14×29 cm. [5]

La materia prima con la cual se elaboran los ladrillos es conocida como arcilla, que 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. Cuando entra en 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. [2]

La forma final del ladrillo es la de un prisma rectangular, en el que cada una de sus dimensiones reciben el nombre de soga, tizón y grueso, siendo la soga 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 soga 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. [2]

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 293:1977, menciona que las dimensiones de los ladrillos tendrán los nombres siguientes: [4]

- Largo l. Es la mayor dimensión de un ladrillo.
- Ancho a. Es la dimensión intermedia de un ladrillo.
- Alto h. Es la menor dimensión de un ladrillo.

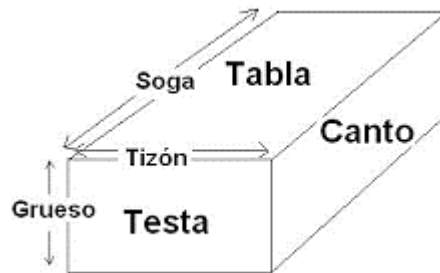


Figura 3.1. Partes del ladrillo

Fuente: [2]

El uso que tienen los ladrillos en la industria de la construcción es muy amplio debido a su gran resistencia, durabilidad y al espectacular acabado que logra ofrecer. Este además es de poco mantenimiento lo que le hace ser uno de los principales materiales para construir, donde llega hasta resistir el fuego perfectamente. Por lo general es muy utilizado en los exteriores y en el área de la chimenea, pero en ocasiones se suele utilizar en la decoración interior del hogar donde se crea un ambiente espectacular. Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir muros o tabiques. [6]

3.3.1 Ventajas

El ladrillo común tanto en Ecuador como a nivel mundial es el material más utilizado en la industria de la construcción, y esto es por sus características distintivas las cuales se transforman en ventajas sobre los demás materiales de construcción, dichas ventajas se dan a conocer de la siguiente forma: [7]

- A través del tiempo las arquitecturas en ladrillo superan a cualquier material, ya que la deformación ocasionada en elementos que se encuentran sometidos a una carga constante es insignificante en el ladrillo de arcilla.
- Su colocación y empaste es fácil, aumentando así, la productividad.
- Elevadas resistencias tanto mecánicas como químicas que son establecidas por la materia prima y fortificada por el proceso de cocción a elevadas temperaturas, estos

productos se identifican por poseer porcentajes de absorción de agua mínimos, alta resistencia a la compresión y a la flexión, así como al fuego y a los ácidos.

- Fácil instalación y reparación, su manejo no demanda de especialistas, ni de ensayos que puedan resultar excesivos.
- No demandan mantenimiento específico.
- Avalan construcciones sanas, no proporcionan la germinación de algunos hongos, plagas, y bacterias.
- Proporciona un elevado aislamiento térmico y auditivo, lo que permite establecer ambientes interiores sanos y agradables.
- Las arquitecturas en ladrillo pueden colocarse en uso rápidamente después de concluidas, no hay necesidad de esperar para poder hacer uso de ellas.
- En cuanto a precios, comparado con otros materiales de construcción, el ladrillo a través de los tiempos se ha distinguido por su economía, que añadida a las demás ventajas señaladas, lo han conservado como el material más manejado en todo el mundo.

3.4 Clasificación de los ladrillos

De acuerdo al proceso de producción la norma NTE INEN 297:1977 clasifica a los ladrillos de la siguiente forma: [8]

Tabla 3.1 Clasificación de los ladrillos

Ladrillos Macizos	Tipo A	Reprensado, color rojizo uniforme, ángulos rectos, aristas rectas.
	Tipo B	Ladrillo de máquina, color rojizo, pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores y variaciones de rectitud de sus aristas de 5 mm.
	Tipo C	Fabricado a mano, imperfecciones en sus caras exteriores, variaciones de rectitud de sus aristas de 8 mm.
Ladrillos Huecos	Tipo D	Construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
	Tipo E	Construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas de losas alivianadas de hormigón armado.
	Tipo F	Emplearse únicamente en relleno de losas alivianadas de hormigón armado.

Fuente: [8]

3.5 Definición y principio de funcionamiento de una extrusora

La palabra extrusión viene del latín "extrudere" que significa expulsar. Extrusión es, generalmente, 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. [9]

El proceso de extrusión consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma de la barra que se desea realizar. Ver Figura 3.2. 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. [2]

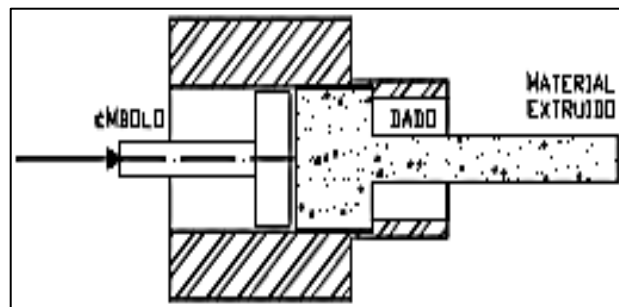


Figura 3.2. Esquema de extrusora

Fuente: [2]

3.6 Procesos de producción

La característica de los ladrillos va a depender principalmente del proceso de producción empleado para la elaboración, debido que se emplean en cada proceso diferentes elementos, para la obtención del producto terminado. La obtención de ladrillos puede llevarse a cabo de tres formas: [10]

3.6.1 Artesanal:

Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.

3.6.2 Semi-Industrial:

Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El ladrillo semi-industrial se caracteriza por presentar una superficie lisa.

3.6.3 Industrial:

Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

3.7 Tipos de prensas de extrusión

Los dibujos de la figura 3.3 representan las diferentes versiones de prensas de extrusión en la industria ladrillera:

- Propulsión por rodillos
- Propulsión por hélice
- Propulsión a pistón

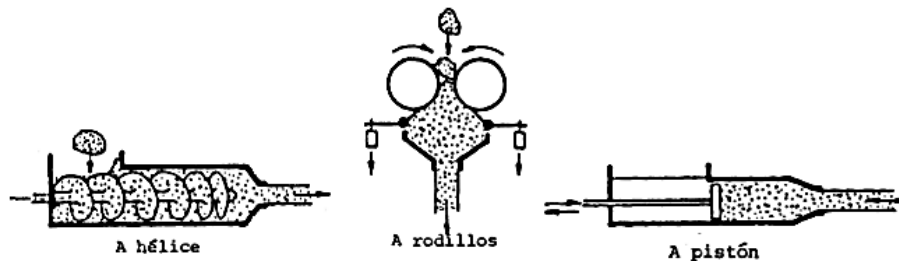


Figura 3.3. Prensas de Extrusión

Fuente: [2]

La figura 3.4 indica la distribución de velocidades de salida. Si bien la presión que ejerce la hélice o tornillo sin fin 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 las condiciones de flujo. [2]

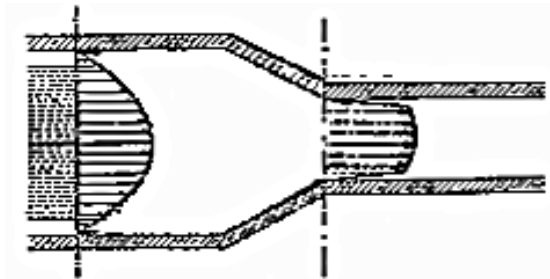


Figura 3.4. Distribución de velocidades de salida

Fuente: [2]

3.8 Factores dependientes de la maquinaria de extrusión

Se han manejado tres sistemas distintos para la extrusión de las pastas cerámicas: el pistón, los rodillos y la hélice.

3.8.1 El pistón

Las galleteras de pistón adquieren una mejor uniformidad en la velocidad y presión en toda la sección de salida, sin embargo, no concede un flujo continuo y no se puede trabajar en frío.

3.8.2 Los rodillos

Con el método de rodillos el flujo de barro es continuo y puede hacerse el vacío, pero no se logra una distribución uniforme de velocidades y presiones en la sección de salida, ni se obtiene la homogenización que tiene lugar cuando se trabaja con hélice. [3]

3.8.3 La Hélice

El sistema de hélice es el que se impone, puesto que logra una producción continua, se trabaja con vacío y se adquiere una mejor homogenización de la pasta ya que la mayor parte del barro que llega al final de la hélice retrocede por el mismo canal o por el zona existente entre la hélice y las costillas; todo lo cual origina un efecto de homogenización de la arcilla, que no se logra en los dos tipos de extrusora antes citados. [3]

El prototipo que se proyecta utilizar para el desarrollo de la máquina extrusora se presenta en la figura 3.5. El mismo que integra un tornillo extrusor que es el dispositivo sobre el cual se plantean los diferentes diseños para la experimentación. [11]

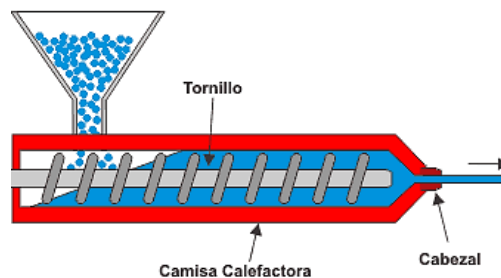


Figura 3.5. Cámara del tornillo extrusor

Fuente: [12]

Un tornillo extrusor, habitualmente se encuentra diseñado como se muestra en la figura 3.6 tal como subdividida en tres secciones, conocidas como zona de alimentación, en la cual el material

es trasladado para posteriormente ser comprimido en la sección de compresión y una vez atravesado este trayecto pasar a la zona de dosificación en la cual se conduce el material hasta el bloque que determina la sección transversal del ladrillo. [3]

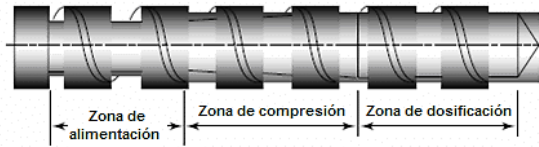


Figura 3.6. Tornillo extrusor

Fuente: [12]

En la actualidad se han encontrado estudios desarrollados en relación al tema de extrusión de cerámica, basados en diseños experimentales, referidos a la propiedad de piezas de arcilla, en los cuales se han determinado métodos que son significativos en la calidad del producto final, como es el caso de la selección del proceso de extrusión para moldear el producto final en lugar de los otros mecanismos [11].

3.9 Defectos en la extrusión

En la figura 3.7 se muestra las diversas texturas, o defectos, pueden atribuirse a:

- Insuficiente llenado y rotación de la barra (A).
- Diferentes valores de la fricción en diversas zonas (B).
- Diversas velocidades de salida (C).

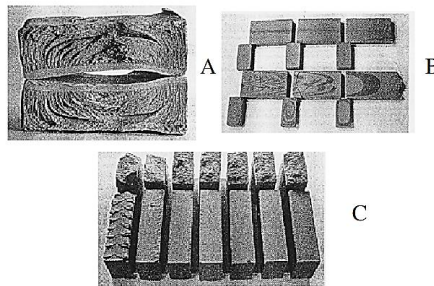


Figura 3.7. Ladrillos defectuosos

Fuente: [13]

3.10 Proceso de Extrusión

Se hace pasar el material en este caso la arcilla por la extrusora y mediante la propulsión por hélice se presiona contra un molde, obteniendo una barra conformada con una forma

característica según el tipo de producto. La cantidad de agua a añadir será de tal forma que mantenga la presión de extrusión entre 22 y 28 Kg / cm². [14]

La presión de extrusión debe ser lo más alta posible para realizar la mezcla de arcilla con la menor cantidad de agua posible, pero teniendo en cuenta las limitaciones mecánicas de la extrusora y del molde por el que se produce la salida del barro. Presiones muy altas pueden deformar el molde o generar fallos en los elementos de transmisión de potencia de la extrusora. Se realiza en este punto un control de la intensidad de corriente consumida por el motor eléctrico que acciona la extrusora. [14]

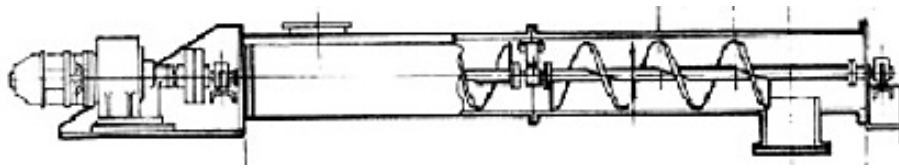


Figura 3.8. Proceso de extrusión por hélices

Fuente: [14]

El agua que se añade, es absorbida por la superficie de las partículas de arcilla, formando una película más o menos constante a su alrededor debido a fuerzas electrostáticas entre la superficie de la partícula de arcilla y el agua.

A medida que aumenta el contenido en agua, comienzan a aparecer moléculas libres de agua entre las partículas (agua libre) que se localizan en capilares. La atracción capilar entre ambos tipos de agua determina un rápido incremento de la cohesión o fuerza de unión entre las partículas hasta alcanzar un máximo de consistencia. [14]

Un aporte en exceso de agua origina un aumento de la sección de estos capilares, disminuyendo la atracción capilar del agua ligada y libre, pudiendo apreciar un descenso de la consistencia de la pasta. Este bloque que sale en continuo desde la extrusora se hace pasar a través del cortador, donde se fijarán las dimensiones finales del producto que en ese instante se está fabricando. Las piezas se cargan en las estanterías, que se introducirán en el secadero. [14]

3.11 Propiedades y factores que inciden en la extrusión

Una etapa plástica blanda, permite manipular sencillamente la masa, empleando una presión moderada, pero la masa es muy pegajosa y existen grandes dificultades para conservar una cierta altura, o tamaño de la pieza.

Además al secar se forman grandes contracciones que, con mucha frecuencia dan lugar a fisuras y grietas. [13]

Tabla 3.2. Porcentaje de agua y nivel de presión para varios sistemas de conformado

Sistema de conformado	Nivel de Presión	% de agua
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

Fuente: [13]

La elaboración del barro con una cantidad de agua menor, supone un estado plástico mediano y la pieza puede moldearse por medio de una moderada presión lo que permite conformar piezas de altura notable. La tabla 3.3 muestra qué sistemas de conformado cumplen mejor las diferentes condiciones y requisitos para la conformación de los diversos productos. [13]

Tabla 3.3. Sistemas de conformado vs. Productos finales

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

Fuente: [13]

La gráfica representa los diversos sistemas de conformado mostrando la cantidad de agua normalmente empleada y la presión media para iniciar el flujo de la pasta.

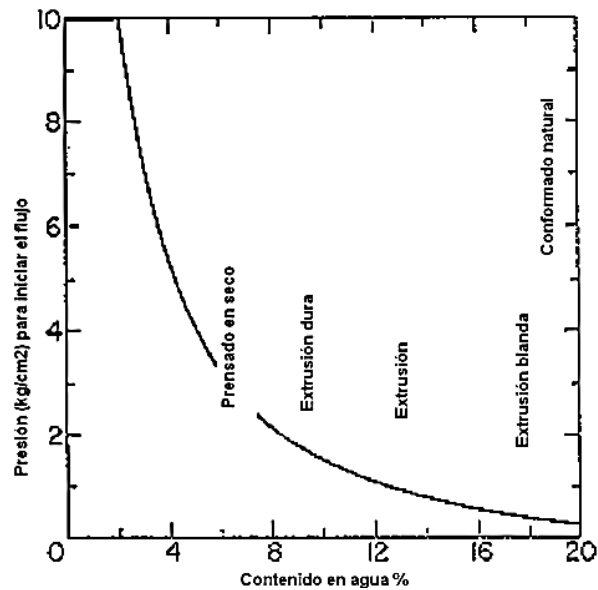


Figura 3.9. Sistemas de moldeo en base al contenido de agua y presión inicial

Fuente: [13]

De hecho la formación de la presión es consecuencia de dos parámetros que esencialmente se deben conciliar: [2]

- 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.

3.11.1 El flujo en la extrusión

La función de la boquilla es 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. [2]

3.12 Componentes de la extrusora

3.12.1 Máquina

Una máquina es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo. La ventaja de una máquina es que admite desarrollar una fuerza mayor que la que una persona podría aplicar solamente con sus músculos, es decir de una forma más eficaz. Con la combinación de máquinas simples se construyen máquinas complejas, mismas que son utilizadas en la

ingeniería, y construcción. Las máquinas también han facilitado al hombre, el control de las fuerzas del viento, de los combustibles y del agua. Sin máquinas, el hombre viviría aún en estado primitivo y no habría podido alcanzar ninguna forma de progreso. [15]

3.12.2 El tornillo de extrusión

El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal como se muestra en la figura 3.10. El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. El material se va presurizando a medida que avanza por el tornillo, comenzando con presión atmosférica en la tolva y aumentando hasta la salida por la boquilla. [16]

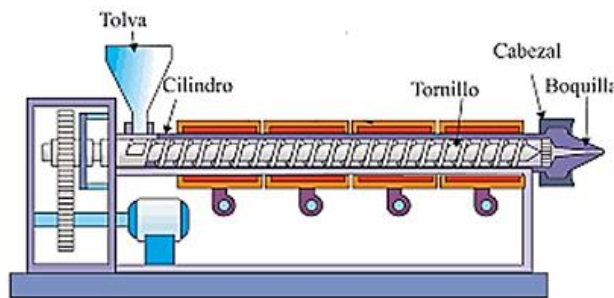


Figura 3.10 Componentes de la extrusora.

Fuente: [16]

3.12.3 Cilindro

El cilindro alberga en su interior al tornillo como se muestra en la figura 3.10. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportara el material y permitir así que este fluya a lo largo de la extrusora. Para evitar la corrosión y el desgaste mecánico, el cilindro suele construirse de aceros muy resistentes y en algunos casos viene equipado con un revestimiento bimetálico que le confiere una elevada resistencia, en la mayoría de los casos superior a la del tornillo, ya que este es mucho más fácil de reemplazar. [16]

3.12.4 Tolva

La tolva es el contenedor que se utiliza para introducir el material en la máquina. Tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo contante de material. [16]

3.12.5 Cabezal y boquilla

El cabezal es la pieza situada al final del cilindro, que se encuentra sujetando la boquilla y por lo general manteniendo al plato rompedor. Generalmente va atornillado al cilindro. El perfil interno del cabezal debe facilitar lo más posible el flujo del material hacia la boquilla. La función de la boquilla es la de moldear el material. Las boquillas se pueden clasificar por la forma del producto. [16]

Los parámetros básicos para la especificación de una boquilla son: El diámetro y la abertura de la salida y adaptadores que son requeridos cuando la boquilla no es diseñada específicamente para un determinado extrusor. Debido a que los fabricantes de extrusoras y boquillas no siempre son los mismos, el uso de adaptadores suele ser común. [19]

3.12.6 Garganta de alimentación

El cilindro puede estar construido en dos partes, la primera se sitúa debajo de la tolva y se denomina garganta de alimentación. Se encuentra conectada con la tolva a través de la boquilla de entrada o de alimentación. Esta boquilla suele tener una longitud de 1.5 veces el diámetro del cilindro y anchura de 0.7 veces el mismo (figura 3.11), y suele estar desplazada del eje del tornillo para facilitar la caída del material a la máquina. [16]

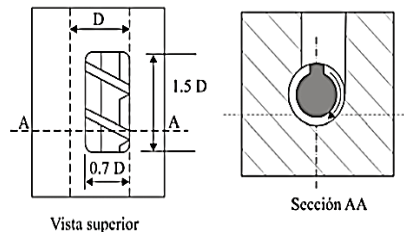


Figura 3.11. Garganta de alimentación

Fuente: [16]

3.12.7 Engranajes

Un engranaje es un dispositivo de transmisión, es decir, se usa para transferir el movimiento de rotación entre dos árboles. Se encuentra formado por dos ruedas dentadas que engranan entre sí, montadas mutuamente a sus respectivos árboles, de tal forma, que el movimiento se transfiere por efecto de los dientes que entran en contacto. La rueda de mínimo número de dientes lleva el nombre de piñón, y la de mayor número de dientes se denomina corona. En el modo de funcionamiento usual de un engranaje, el piñón es el dispositivo que transmite el giro, rueda conductora, mientras que la corona hace el papel de rueda conducida. [17]

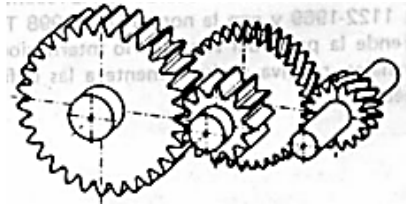


Figura 3.12. Engranaje

Fuente: [17]

Hay que tener en cuenta un parámetro esencial de diseño de estos mecanismos, que corresponde a la relación de transmisión i ; se denomina así a la relación entre las velocidades angulares de las ruedas conductora n_1 y conducida n_2 . [17]

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Los engranajes se usan, principalmente, como mecanismos reductores de velocidad, ya que los distintos tipos de motores (térmicos, eléctricos, neumáticos, hidráulicos, etc.), para una potencia determinada, desarrollan un par motor reducido a una velocidad angular relativamente elevada. Sin embargo, con la aplicación de un mecanismo reductor de velocidad se consigue desarrollar en el árbol motriz un par motor elevado con una velocidad de salida más reducida. [17]

3.12.8 Alabes o Filetes o Paleta Pistón

Los alabes o filetes, son los verdaderos impulsores del material a través del extrusor. Las dimensiones y formas que éstos tengan, determinará el tipo de material que se pueda procesar y la calidad de mezclado de la masa al salir del equipo. [19]

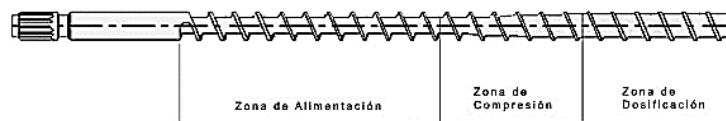


Figura 3.13 Filetes

Fuente: [19]

3.13 Uniones

3.13.1 Uniones permanentes

3.13.1.1 Soldaduras de tope

3.13.1.1.1 Área efectiva

De acuerdo al Código de Soldadura Estructural – Acero se debe considerar el área efectiva de las soldaduras de tope como la longitud de la soldadura por el espesor de la garganta efectiva.

El espesor de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración completa (CJP) debe ser el espesor de la parte más delgada conectada. El espesor de garganta efectivo de una soldadura de tope con junta de penetración parcial (PJP) debe ser el que se muestra en la Tabla 3.4. [20]

Tabla 3.4. Garganta efectiva de soldaduras de tope con junta de penetración parcial

Proceso de Soldado	Posición de soldado F (plano), H (horizontal), V (vertical), OH (sobre cabeza)	Tipo de surco	Garganta Efectiva
Arco de electrodo revestido (SMAW) Arco metálico y gas (GMAW) Arco con núcleo de fundente (FCAW)	Todos	Bisel J o U 60° V	Profundidad del bisel
Arco Sumergido (SAW)	F	Bisel J o U Bisel 60° o V	
Arco metálico y gas (GMAW) Arco con núcleo de fundente (FCAW)	F, H	Bisel 45°	Profundidad del bisel
Arco de electrodo revestido (SMAW)	Todos	Bisel 45°	Profundidad del bisel menos 3 mm
Arco metálico y gas (GMAW) Arco con núcleo de fundente (FCAW)	V, OH	Bisel 45°	

Fuente: [20]

Nota: El tamaño de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración parcial depende del proceso utilizado y de la posición de la soldadura. Los documentos contractuales deben indicar la garganta efectiva o la resistencia de la soldadura requerida, y el fabricante debe detallar la junta basándose en el proceso de soldadura y en la posición a utilizar para soldar la junta. [20]

El tamaño de la soldadura efectiva para soldaduras de tope con bisel convexo, cuando se llena al nivel de la superficie de una barra redonda, del doblado de 90° en una sección conformada, o en un tubo rectangular, debe ser como se muestra en la Tabla 3.4 a no ser que otras gargantas efectivas sean demostradas por ensayos. El tamaño efectivo de las soldaduras de tope con bisel convexo no llenado a ras debe ser como se muestra en la Tabla J2.2, menos la mayor dimensión perpendicular medida desde la línea de nivelado de la superficie del metal base hasta la superficie de soldadura. [20]

Se permiten espesores de garganta efectiva mayores para un procedimiento de soldado especificado (WPS) que los mostrados en la Tabla 3.5, siempre que el fabricante pueda establecer por calificación la producción consistente de tales espesores mayores de garganta

efectiva. La calificación debe consistir en el seccionamiento de soldaduras normales en su eje en la mitad y en sus extremos terminales. Tal seccionamiento debe ser realizado en un número de combinaciones de tamaños de material representativo del rango a ser utilizado en la fabricación. [20]

Tabla 3.5. Tamaño de Soldadura Efectiva de Soldaduras de Tope Biselada Curva

Proceso de Soldado	Surco de Bisel Curvo	Surco V Curvo
GMAW y FCAW-G	5/8 R	3/4 R
SMAW y FCAW-S	5/16 R	5/8 R
SAW	5/16 R	1/2 R
Para surcos de bisel curvo con $R < 10$ mm usar solamente soldadura de filete de refuerzo en juntas llenadas a tope. Nota general: R = radio de la superficie de junta (se puede suponer igual a $2t$ para secciones tubulares), mm.		

Fuente: [20]

3.13.1.1.2 Limitaciones

El espesor mínimo de la garganta efectiva de una soldadura de tope con junta de penetración parcial no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas ni el tamaño mostrado en la Tabla 3.6. El tamaño de soldadura mínimo se determina como la más delgada de las dos partes unidas.

Tabla 3.6. Espesor Mínimo de Garganta Efectiva

Espesor de material de parte unida más delgada, mm	Espesor mínimo de garganta efectiva, mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Entre 19 y 38	8
Entre 38 y 57	10
Entre 57 y 150	13
Mayor que 150	16

Fuente: [20]

3.13.1.2 Soldaduras filete

3.13.1.2.1 Área efectiva

El área efectiva de una soldadura de filete será la longitud efectiva multiplicada por la garganta efectiva. La garganta efectiva de una soldadura de filete debe ser la menor distancia desde la

raíz hasta la superficie de la soldadura. Se permite un aumento en la garganta efectiva si se demuestra una penetración consistente más allá de la raíz de la soldadura mediante ensayos consistentes al proceso de producción y las variables de procedimiento. [20]

Para soldadura de filete en perforaciones y ranuras, la longitud efectiva debe ser la longitud del eje central de la soldadura a lo largo del plano que pasa a través de la garganta. En el caso de filetes traslapados, el área efectiva no debe exceder el área nominal de la perforación o ranura, en el plano de la superficie de contacto. [20]

3.13.1.2.2 Limitaciones

El tamaño mínimo de las soldaduras de filete no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas, ni menor que el tamaño que se muestra en la Tabla 3.7. Estas disposiciones no aplican para refuerzos de soldadura de filete en soldaduras de tope con junta de penetración parcial o completa.

Tabla 3.7. Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete

Espesor de parte unida más delgada, mm	Tamaño mínimo de soldadura de filete, mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

Fuente: [20]

El tamaño máximo de soldadura de filete para partes conectadas debe ser:

- a) A lo largo de los bordes del material con espesor menor a 6 mm, no mayor que el espesor del material. [20]
- b) A lo largo de los bordes del material con espesor igual o mayor a 6 mm, no mayor que el espesor del material menos 2 mm, a no ser que la soldadura sea designada especialmente en los planos para ser ejecutada de manera de obtener el espesor de la garganta completa. En la condición de soldado, se permite que la distancia entre el borde del metal base y el talón de la soldadura sea menor que 2 mm siempre que sea posible verificar el tamaño de la soldadura. [20]

3.13.2 Uniones no permanentes

3.13.2.1 Ubicación de pernos

Los grupos de soldaduras y pernos en los extremos de cualquier miembro que transmite carga axial deben ser dimensionados de manera tal que el centro de gravedad del grupo coincida con el centro de gravedad del miembro, a no ser que se considere su excentricidad en el diseño. La disposición anterior no es aplicable a conexiones extremas de ángulos simples, ángulos dobles, y miembros similares cargados estáticamente. [20]

3.13.2.2 Pernos en combinación con soldaduras

Se permite considerar que los pernos comparten la carga en combinación con soldaduras solamente en conexiones de corte con pernos de cualquier grado instalados en perforaciones estándar o en ranuras cortas transversales a la dirección de la carga y con soldadura de filete cargada longitudinalmente. En tales conexiones la resistencia disponible de los pernos no debe tomarse mayor que el 50% de la resistencia disponible de pernos tipo aplastamiento en la conexión. Cuando se realizan alteraciones a las estructuras, se permite utilizar los conectores existentes (remaches y pernos de alta resistencia apretados según los requisitos para conexiones de deslizamiento crítico) para transferir las cargas presentes en el momento de la alteración y la soldadura sólo necesita cubrir la resistencia requerida. [20]

3.13.2.3 Pernos de alta resistencia en combinación con remaches

Tanto en trabajos nuevos y en alteraciones, se permite considerar que los pernos de alta resistencia comparten la carga con remaches existentes, sólo si se diseña la conexión como de deslizamiento crítico. [20]

Las conexiones de deslizamiento crítico deben ser diseñadas para prevenir el deslizamiento y para satisfacer los estados límites en conexiones de tipo aplastamiento cuando los pernos de deslizamiento crítico pasen a través de rellenos, todas las superficies sujetas al deslizamiento deben estar preparadas para alcanzar la resistencia de deslizamiento. [20]

4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO

El proceso para el diseño de la máquina extrusora de arcilla está asociado con parámetros que dependen de fórmulas establecidas las cuales son detalladas y fueron consideradas en el procedimiento de cálculo de la investigación. En este sentido, las expresiones matemáticas que constituyen fenómenos físicos aportaron para la interpretación de contextos que se despliegan durante el análisis.

Es por ello que el objetivo de este capítulo fue establecer el procedimiento de cálculo para la implementación de una máquina extrusora de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl” del cantón Saquisilí.

4.1 Declaración de variables

4.1.1 Variable Independiente

Sistema de abastecimiento.

Mecanismo de extrusión y de corte.

4.1.2 Variable Dependiente

Reducción del tiempo de producción en la industria ladrillera.

4.2 Operacionalización de las variables

La Operacionalización de las variables nos permite evaluar el contenido del título o del objetivo de la propuesta tecnológica de una manera más detallada en la cual se consideran indicadores, dimensiones, técnicas e instrumentos de cualificación y cuantificación de dichas variables específicas.

La tabla 4.1 muestra la operacionalización de las variables tanto como independiente y dependiente

4.3 Descripción de la máquina

La extrusora de ladrillo, es una máquina que va a ser utilizada en la microempresa “Rey Saúl”, siendo el principal funcionamiento de la misma, el mecanismo de extrusión (tornillos sin fin), reduciendo así el tiempo de elaboración del ladrillo.

El principio de funcionamiento de esta máquina inicia con el suministro de la materia prima en la tolva de alimentación, pasando luego al espacio de extrusión; entre el cilindro y el tornillo sin fin, el cual realiza la acción de extruir la arcilla. La materia prima que ingresa al cilindro es empujada hacia afuera por medio de las hélices del tornillo atravesando la boquilla, la misma que tiene las medidas establecidas de largo y alto para el ladrillo, lo cual permite obtener una pasta de arcilla maciza y continúa. La pasta una vez que atraviesa la boquilla se dirige al sistema de corte, en donde se obtiene el producto final.

Tabla 4.1 Operacionalización de variables.

Variable Dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Reducción del tiempo de producción en la industria ladrillera	Es la cantidad de ladrillo obtenido modificando el sistema de moldeo.	Es la cantidad de ladrillo que se obtiene en base a los kilogramos por hora El porcentaje de producción se incrementara satisfaciendo las necesidades de la demanda existente.	Peso	Peso Porcentaje producción	kg/h Porcentaje
Variable Independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Sistema de abastecimiento.	Conjunto de elementos que nos permita suministrar de materia prima constantemente a la máquina	Conjunto de elementos que permitan mantener el volumen constante de la materia prima que ingresa en la máquina	Volumen	Volumen	Kg
Mecanismo de extrusión y de corte	Conjunto de elementos que nos permite optimizar el sistema de moldeo con la menor cantidad de esfuerzo físico.	Conjunto de elementos que determinan la cantidad de materia prima procesada , el cual va a obtenerse después de la extrusión que realice la máquina	Peso	Peso	kg

4.4 Definición y diseño conceptual

4.4.1 Diseño conceptual

La máquina extrusora tiene necesidades (N) y requerimientos (R) específicos, a las que se hace referencia en el presente documento, por lo que se realizó la ingeniería de requerimientos, misma que integra información recopilada a través de una lluvia de ideas.

4.4.2 Funcionalidades de la máquina extrusora

En esta parte se especifican las principales funcionalidades que existen en los distintos tipos de máquinas extrusoras de arcilla que se encuentran en el mercado, es por ello que su funcionamiento varía de acuerdo al modelo y el tipo de boquilla que tienen las extrusoras de arcilla. En la tabla se puede observar los requerimientos y necesidades de los principales parámetros que interactúan en una máquina extrusora de arcilla.

Tabla 4.2 Funcionalidades de la máquina extrusora

Funciones	La máquina extrusora debe producir 960 ladrillos diarios	R
	La máquina extrusora debe formar un ladrillo rectangular macizo (30*14*9)	R
	La máquina extrusora debe tener un sistema de control	R
	La máquina extrusora debe tener un sistema de corte	R
	La máquina extrusora debe extruir materia prima blanda y dura	R
Energía	La máquina extrusora debe tener eficiencia de combustión (gl/h)	R
	La máquina extrusora deberá ser operada por un control de mando	N
	La máquina extrusora deberá tener un sistema de refrigeración	R
	La máquina extrusora debe tener un sistema de arranque	R
Seguridad	La máquina extrusora tiene que ser de un tamaño eficaz a su ingeniería	N
	La máquina extrusora debe estar anclada al suelo	N
	La máquina extrusora deberá ser hermética en las partes susceptibles a inseguridad	R
Ergonomía	La máquina extrusora deberá tener acceso a la limpieza total de sus componentes	N
	La máquina extrusora deberá ser accesible al mantenimiento correctivo	N

	La máquina extrusora deberá tener mínima contaminación al medio ambiente	R
	La máquina extrusora deberá tener un sistema de corte de fácil operatividad	R
Fabricación	La máquina extrusora debe ser de fácil ensamblaje y anclaje	R
	La máquina extrusora deberá tener componentes comerciales o manufacturables	N
	La máquina extrusora debe tener un rango de tolerancia en la capacidad de extrusión	R
	La máquina extrusora deberá ser controlada por un motor de combustión interna	R
	La máquina extrusora debe tener buena fiabilidad y estabilidad	R
	La máquina extrusora debe tener excelente fuerza y potencia	R
Señales	La máquina extrusora realizará el proceso de dosificación en forma visible	R
	La máquina extrusora deberá tener señales de seguridad y control	N
Control	La máquina extrusora deberá tener un mecanismo de apagado del sistema	R
	La máquina extrusora deberá operar con un sistema de desacople mecánico	R
Funcionamiento	La máquina extrusora podrá funcionar en condiciones de seguridad visibles	R
	La máquina extrusora tendrá el mecanismo eficiente a las necesidades de extrusión	N
	La máquina extrusora trabajara con diferentes tipos de arcilla	R
Mantenimiento	La máquina extrusora deberá ser de fácil ensamblaje	R
	La máquina extrusora deberá contar con componentes accesibles a la limpieza	N
	La máquina extrusora deberá tener relación lógica a la prevención del riesgo laboral	R

4.4.3 Alcance de alternativas de la máquina extrusora de ladrillos

De acuerdo a las características que presentan las máquinas extrusoras de arcilla existentes en el mercado, hacen que el diseño, el volumen, la velocidad, el mecanismo de extrusión, la potencia del motor, entre otros parámetros varíen, motivo por el cual se realizó la comparación de cada una de las máquinas.

4.4.4 Análisis funcional

Con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función, que es cualquier transformación (en el sentido de realización de una tarea) entre unos flujos de entrada y de salida, tanto si se trata de funciones estáticas (invariables en el tiempo) como de funciones dinámicas (que cambian con el tiempo). La función es, pues, una formulación abstracta de una tarea, independientemente de la solución particular que la materializa [21].

La función global representa la tarea global que debe realizar el producto que se va a diseñar y se establece como una caja negra que relaciona los flujos de entrada y los de salida. Sin embargo, esta presentación es muy esquemática y, para obtener una representación más precisa, hay que dividir la función global en subfunciones (correspondientes a subtareas) y a la vez, establecer las relaciones de flujos entre estas subfunciones [21].

La representación del conjunto de subfunciones con las entradas y salidas, así como las interrelaciones de flujos entre ellas se denomina análisis funcional [21].

4.4.5 Análisis funcional de la máquina extrusora

4.4.5.1 Definición del análisis funcional

El objetivo principal de la máquina extrusora de ladrillos es proporcionar una pasta de arcilla maciza y continua, además posteriormente realiza el corte del bloque de arcilla, el cual permite obtener el producto final.

La función integral del sistema se representa en la siguiente figura:

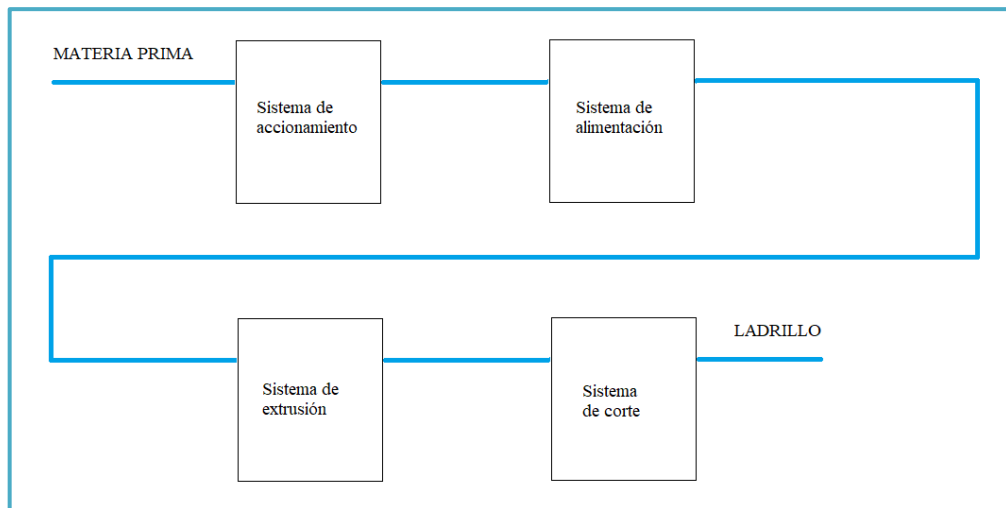


Figura 4.1. Función global

4.4.5.2 Solución a módulos

En un proceso la toma de decisiones tiene que ser objetiva y lógica, adoptando la alternativa que cumpla con los requerimientos para el diseño e implementación de cualquier sistema, por lo que el planteamiento de diferentes alternativas permite analizar factores principales para establecer la mejor opción para cada subsistema que conforma la máquina extrusora, de esta manera obtendremos el óptimo desempeño de la misma.

Las alternativas se deben evaluar y seleccionar de la mejor opción, proceso que se realiza mediante una matriz de selección lo cual evalúa los factores más importantes a través de un factor de ponderación (FP) igual a 1, el valor es asignado a cada factor de selección dependiendo la importancia del mismo. Se analiza cada factor de selección y se marca con una X la mejor opción y al final se suman los factores de ponderación, estableciendo con el mayor puntaje la alternativa más adecuada para el sistema.

a) Sistema de accionamiento

Dentro de las alternativas consideradas para la selección del mejor tipo de accionamiento se ha considerado solamente 2 opciones que nos permiten transformar el moldeo manual por el tecnificado como son el motor de combustión interna y el motor eléctrico, estas dos alternativas están puestas en comparación mediante varios factores de selección que nos permite optar por el más adecuado.

b) Sistema de alimentación

Dentro de las alternativas principales para el sistema de alimentación se maneja tres alternativas que son la tolva prismática, tolva cilíndrica y la tolva rectangular, los cuales nos permiten mantener alimentada de materia prima a la máquina extrusora, estas son comparadas bajo diversos factores permitiéndonos seleccionar la más apropiada.

c) Sistema de extrusión

El sistema de extrusión representa la parte principal de la máquina extrusora puesto que es el espacio en el cual se procesa la materia prima, para la selección de este sistema se manejó tres opciones que representan las más adecuadas para el tipo de arcilla con el que se va a trabajar como son: propulsión por rodillos, por hélice y a pistón, las cuales son comparadas para determinar la más adecuada.

d) Sistema de corte

El proceso final de extrusión lo comprende el sistema de corte, el cual separara a una medida establecida el bloque de arcilla, para este sistema se tomó en cuenta dos principales alternativas, las cuales ofrecen las mejores características para el proceso que se va a llevar a cabo.

4.5 Diseño de máquina extrusora de ladrillos

El diseño de la propuesta tecnológica se detalla en este apartado, así como todos los pasos durante el proceso de diseño, iniciando con la forma estructural de la máquina de extrusión, cálculos de los componentes mecánicos, así también los planos de construcción para la máquina extrusora.

4.5.1 Sistema de accionamiento

Para determinar el sistema de accionamiento más adecuado se consideró el resultado obtenido de la solución de módulos, ya que en este se tomó en consideración los requerimientos que debe cumplir la máquina, ya sea motor de combustión interna o motor eléctrico.

4.5.2 Sistema de alimentación

Volumen de la tolva

La tolva es el componente de diseño más simple, es el lugar donde se almacena el material a procesar. El material debe ser el suficiente para que tenga una alimentación constante al sistema y este se mantenga trabajando de manera ininterrumpida.

Para el diseño de la tolva no hay especificaciones ya que su tamaño varía dependiendo de la aplicación o cantidad de producción, el mecanismo de alimentación debe ser abastecida manualmente por una persona con la ayuda de una herramienta cuya altura no debe ser mayor a 1 m, con la finalidad de no exigir demasiado al trabajador. Para ello se plantea la siguiente fórmula para el cálculo del volumen total.

$$V_t = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2}) \quad (4.1)$$

Dónde:

V_t : *Volumen de la tolva; (m³).*

h : *Altura de la tolva; (m).*

A_2 : Área superior de la tolva; (m^2).

A_1 : Área inferior de la tolva; (m^2).

Área superior de la tolva

$$A_2 = a \cdot l \quad (4.2)$$

Dónde:

A_2 : Área superior de la tolva; (m^2).

a : Ancho de la tolva; (m).

l : Largo de la tolva; (m).

Área inferior de la tolva

$$A_1 = a \cdot l \quad (4.3)$$

Dónde:

A_1 : Área inferior de la tolva; (m^2).

4.5.3 Sistema de extrusión

4.5.3.1 Volumen de extrusión

El cálculo del volumen de extrusión requerido lo obtenemos mediante las medidas del ladrillo tanto de su largo, ancho y alto, tomando en cuenta el número de unidades que se encuentran presentes en el molde.

$$V = 4 \cdot l \cdot a \cdot h \quad (4.4)$$

Dónde:

V : Volumen de extrusión; (m^3).

l : Largo del ladrillo; (m).

a : Ancho del ladrillo; (m).

h : Altura ladrillo; (m).

La masa de un ladrillo recién moldeado con toda la humedad es alrededor de los 7 kg, el volumen de un ladrillo esta dado considerando las medidas que se manejarán las cuales son $30 \times 14 \times 9 \text{ cm}$ lo que da un volumen de 3780 cm^3

La densidad promedio de la arcilla se lo obtiene con la siguiente ecuación:

$$p = \frac{m}{V} \quad (4.5)$$

Dónde:

p : densidad ; (kg/m^3)

m : masa: (kg)

V : volumen del ladrillo ; (m^3)

4.5.3.2 Diseño del tornillo extrusor

Para diseño del tornillo extrusor partimos de las condiciones del material a extruir donde se consideró al eje como una viga que se encuentra sometida a cargas distribuidas.

4.5.3.2.1 Cálculo de la longitud del tornillo extrusor

La longitud del tornillo extrusor es muy importante ya que está relacionado con el desempeño productivo, homogenización del material y costo de la máquina. Además, se tomó en cuenta la relación entre longitud y diámetro, que son características principales en el diseño de máquinas extrusoras, la relación recomendable estandarizada es $L/D = 2$ y también asumiremos el diámetro del tornillo estandarizado para las máquinas de extrusión que es de 290 mm.

$$L = 2 \cdot D \quad (4.6)$$

Dónde:

L : Longitud del tornillo extrusor; (m).

D : Diámetro del tornillo; (m).

4.5.3.2.2 Área de flujo

Para la determinación del área de flujo se tomó en cuenta el volumen, y el paso del tornillo ya que es de tipo estándar donde la distancia entre el diámetro del tornillo y el paso es la misma.

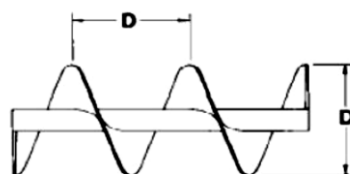


Figura 4.2 Tornillo extrusor estándar

$$A = \frac{V}{\rho} \quad (4.7)$$

Dónde:

A: Área de flujo; (m^2).

V: Volumen del ladrillo; (m^3).

ρ : Paso del tornillo; (m).

4.5.3.2.3 Diámetro del eje

Para el cálculo del diámetro del eje se tomó en cuenta el área de flujo y el diámetro del tornillo.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \quad (4.8)$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4A}{\pi}} \quad (4.9)$$

Dónde:

d: Diámetro del eje ; (m).

D: Diámetro del tornillo; (m).

A: Área de flujo; (m).

h: Altura del ladrillo; (m).

4.5.3.2.4 Ancho del filete

Para la determinación del ancho del filete se tomó en cuenta la relación de un rango entre $0.06D$ hasta $0.12D$ que se encuentra presente en el diseño de máquinas de extrusión.

$$e = 0.06 \cdot D \quad (4.10)$$

Dónde:

e: Ancho del filete ; (m).

D: Diámetro del tornillo; (m).

4.5.3.2.5 Ángulo de la hélice del canal

$$\varphi = \text{tang}^{-1} \frac{\rho}{\pi \cdot D} \quad (4.11)$$

Dónde:

φ : Ángulo de la helice del canal ; (m).

D : Diámetro del tornillo; (m).

ρ : Paso del tornillo; (m).

4.5.3.2.6 Cálculo del número de filetes del tornillo

El número de filetes se calculó mediante la relación de la longitud y el diámetro del tornillo.

$$\text{Filetes} = \frac{L}{D} \quad (4.12)$$

Dónde:

L : Longitud del tornillo ; (m).

D : Diámetro del tornillo; (m).

4.5.3.2.7 Tolerancia del tornillo extrusor

La medida de la tolerancia del tornillo en las máquinas extrusoras se presenta entre la cresta del filete del tornillo extrusor y la superficie interior del cilindro, si la distancia de separación es grande el material se mezcla con mayor efectividad, pero disminuye el avance del mismo.

La tolerancia del tornillo extrusor se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\delta = 0.03 \cdot D \quad (4.13)$$

Dónde:

δ : Tolerancia del tornillo extrusor ; (m).

D : Diámetro del tornillo; (m).

4.5.3.3 Diseño del cilindro

Para el diseño del cilindro se tomó en cuenta el diámetro y la tolerancia del tornillo extrusor.

4.5.3.3.1 Cálculo del radio interior del cilindro

$$r_{ic} = \frac{D}{2} + 2\delta \quad (4.14)$$

Dónde:

r_{ic} : Radio interior del cilindro; (m).

δ : Tolerancia del tornillo extrusor ; (m).

D : Diámetro del tornillo; (m).

4.5.3.3.2 Cálculo del radio exterior del cilindro

Para realizar el cálculo del radio exterior del cilindro se empleó el espesor de la lámina, que por consiguiente es el espesor del cilindro.

$$r_{oc} = r_{ic} + t_c \quad (4.15)$$

Dónde:

r_{oc} : Radio exterior del cilindro; (m).

r_{ic} : Radio interior del cilindro; (m).

t_c : Espesor de la lámina ; (m).

4.5.3.4 Diseño de la boquilla de extrusión

Para el cálculo de la boquilla de extrusión se tomó en cuenta el área del cilindro y las medidas del ladrillo a obtener.

4.5.3.4.1 Reducción del área

Es un parámetro fundamental que nos permite obtener el área final del proceso de extrusión, el área final está dada por la medida del largo y alto del ladrillo.

$$\text{Reducción de area} = \frac{\pi \cdot r_{oc}^2}{a \cdot h} \quad (4.16)$$

Dónde:

r_{oc} : Radio exterior del cilindro; (m).

a : Largo del ladrillo; (m).

h : Alto del ladrillo; (m).

4.5.3.4.2 Ángulo de la boquilla

$$\alpha = \text{tang}^{-1} \left(\frac{\pi \cdot r_{oc}^2 - a \cdot h}{2 \cdot L} \right) \quad (4.17)$$

Dónde:

α : Ángulo de la boquilla.

r_{oc} : Radio exterior del cilindro; (m).

a : Largo del ladrillo; (m).

h : Alto del ladrillo; (m).

L : Longitud de la boquilla; (m).

4.5.3.5 Potencia para el proceso de extrusión

Para la determinación de la potencia depende primordialmente del tipo de material a extruir, la geometría del tornillo extrusor, el valor del esfuerzo cortante inicial y el valor de la viscosidad de la arcilla.

4.5.3.5.1 Cálculo del número de revoluciones

Para el proceso de extrusión de arcillas la velocidad recomendada está comprendida entre un rango de 60 y 90 rpm, por dicha razón se realizó un sistema de transmisión por medio de engranajes lo cual permite reducir la velocidad en el sistema de extrusión.

Relación de transmisión por engranajes

La presente relación por medio de engranajes permite obtener la velocidad de extrusión adecuada,

$$n_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot n_1 \quad (4.18)$$

Dónde:

Z_1 : Número de dientes de la rueda motriz.

Z_2 : Número de dientes de la rueda.

n_1 : Velocidad de giro; (rpm).

n_2 : Velocidad de giro conducida; (rpm).

4.5.3.5.2 Cálculo de la fuerza

Para el cálculo de la fuerza motriz de extrusión se tomó en cuenta la geometría del tornillo, la velocidad angular del eje, los datos del esfuerzo cortante y la viscosidad de la arcilla. (Anexo D).

$$F = - \left(\frac{3 \cdot u \cdot \Omega_\theta \cdot k}{k - \frac{1}{k}} + \tau_0 \right) \cdot \left[\frac{4 \cdot n \cdot \pi \left(\frac{R^2}{2} - R \cdot r_{eje} \right)}{\cos\theta} \right] \quad (4.19)$$

Dónde:

F : Fuerza; (N).

u : Viscosidad de la arcilla ;(Pa/s).

Ω_θ : Velocidad angular de la hélice ;(rad/s).

k : Constante de proporción.

τ_0 : Esfuerzo cortante inicial ;(Pa).

n : Número de hélice.

R : Radio exterior de la hélice ;(m).

r_{eje} : Radio del eje ;(m).

θ : Ángulo de la hélice.

4.5.3.5.3 Cálculo del Torque

El torque requerido lo determinaremos con la fuerza empleada para el proceso de extrusión de la arcilla y el radio de la hélice, mediante la siguiente ecuación:

$$T = F \cdot r_{\text{hélice}} \quad (4.20)$$

Dónde:

T : Torque ; ($N \cdot m$).

$r_{\text{hélice}}$: Radio de la hélice ; (m).

4.5.3.5.4 Cálculo de la Potencia

Para el cálculo de la potencia requerida en el proceso de extrusión lo realizamos mediante el torque y la velocidad angular de la hélice.

$$P = T \cdot \Omega_{\theta} \quad (4.21)$$

Dónde:

P : Potencia; (W).

4.5.3.5.5 Cálculo de la fuerza axial sobre el eje

La fuerza axial resultante es la reacción ejercida sobre el área superficial del eje extrusor y las hélices, por la acción de la presión interna ejercida al interior del cilindro, cuando al eje se le aplica un par de torsión tomando en cuenta los mecanismos empleados para su implementación tales como reductores de velocidad y ejes de acople directo.

$$F_A = P_I \cdot A_f \quad (4.22)$$

Dónde:

F : Fuerza axial sobre el eje; (N).

P_I : Presión interna dentro del cilindro ; $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$.

A_f : Área del cilindro extrusor; (m^2).

4.5.3.5.6 Fuerza axial resultante

$$F_A = \left(\frac{F}{2}\right) \cdot \text{Cos}(30) \quad (4.23)$$

Dónde:

F_A : Fuerza axial; (N).

Como son dos fuerzas axiales sobre cada cara del cono circular entonces la fuerza axial total viene dada por:

$$F_{AT} = 2 \cdot F_A \quad (4.24)$$

4.5.3.5.7 Determinación de fuerza cortante

La fuerza cortante será calculada con la siguiente ecuación:

$$F_C = \left(\frac{F}{2}\right) \cdot \text{Sen}(30) \quad (4.25)$$

Dónde:

P_C : Fuerza cortante; (N).

Al igual que para la componente axial, la fuerza cortante total también viene dada por:

$$F_{CT} = 2 \cdot F_C \quad (4.26)$$

4.5.3.5.8 Determinación de la fuerza de fricción.

Para la determinación de la fuerza de fricción es necesario conocer en primera instancia el factor de fricción que rige en la operación de extrusión, como el sistema operativo de extrusión consta del desplazamiento de arcilla a lo largo del tornillo extrusor siempre existirá una fuerza friccionante en contra del desplazamiento, por lo tanto, se tendrá en cuenta el efecto de la arcilla sobre el elemento de trabajo.

Para tal efecto se define el factor de fricción mediante el uso de la tabla. (Anexo II) que establece los parámetros por la interacción entre dichos materiales.

$$F_r = f \cdot F \quad (4.27)$$

Dónde:

F_r : Fuerza de fricción; (N · m).

f : Coeficiente de fricción de la arcilla.

4.5.3.6 Cálculo de esfuerzos sobre el eje extrusor

En el eje extrusor se presentan diversas fuerzas y esfuerzos que son calculadas con las siguientes ecuaciones.

Esfuerzo normal debido a la carga axial

Para determinar si el eje extrusor no presenta fallas debido a la carga axial aplicada, comparamos el valor obtenido de la presente ecuación con el valor del esfuerzo último propio del acero AISI 4340.

$$\sigma_N = \frac{F_{AT}}{A_{eje}} \quad (4.28)$$

Dónde:

σ_N : *Esfuerzo normal; (MPa).*

F_{AT} : *Fuerza axial; (N).*

A_{eje} : *Área del eje; (m²).*

Esfuerzo cortante

Para determinar si el eje extrusor no presenta fallas debido a la carga cortante aplicada, utilizaremos la siguiente ecuación y comparamos el valor obtenido con el valor del esfuerzo último propio del acero AISI 4340.

$$\tau = \frac{F_{CT}}{A_{eje}} \quad (4.29)$$

Dónde:

τ : *Esfuerzo cortante; (Mpa).*

F_{CT} : *Fuerza cortante; (N).*

A_{eje} : *Área del eje; (m²).*

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Resultados de la ingeniería de requerimientos

La presente metodología para el diseño destaca los requerimientos necesarios para el desarrollo, pero de manera particular establecen que la máquina extrusora de arcilla debe tener dimensiones tanto: en funciones, energía, seguridad, fabricación, control y funcionamiento como requisitos primordiales.

La tabla 5.1 muestra los resultados obtenidos en el diseño de ingeniería de requerimientos.

Tabla 5.1 Resultados para la metodología de diseño

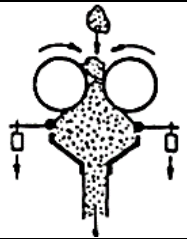


Dimensiones		Requerimientos (R)	Necesidades (N)	Ideal
1	Funciones	5	0	5
2	Energía	3	1	4
3	Seguridad	1	2	3
4	Ergonomía	2	2	4
5	Fabricación	5	1	6
6	Señales	1	1	2
7	Control	2	0	2
8	Funcionamiento	2	1	3
9	Mantenimiento	2	1	3
Total = $\sum(R) \parallel \sum(N)$		23	9	32
Combinación para el diseño = P Total/Puntaje ideal		72%	28%	100%

De acuerdo a las funcionalidades de la máquina extrusora de ladrillos, la tabla 5.1 indica los valores contabilizados, donde los requerimientos son mayores que las necesidades, siendo el 72 % la cantidad total de requerimientos y el 28 % de necesidades respectivamente.

5.2 Alcance de las alternativas

La tabla 5.2 muestra el alcance de las alternativas según las características de cada una de las máquinas extrusoras más empleadas en la industria ladrillera; estableciendo una ponderación donde a cada característica se le asignará un valor de (1 a 10) dependiendo de cómo satisfaga el desarrollo de la extrusora de arcilla, siendo 1 pésimo y 10 excelente.

Tabla 5.2 Alcance de alternativas

Características				Ponderación		
	Extrusora de Rodillo (ER)	Extrusora de Pistón (EP)	Extrusora de Tornillo (ET)	ER	EP	ET
Tradición	Menos utilizada	Muy utilizada	Muy utilizada	6	10	10
Proceso de extrusión	Lento	Lento	Rápido	7	8	10
Porcentaje de humedad	6%	6%	8%	9	9	8
Compactación	Moderada	Moderada	Excelente	8	8	10
Producción máxima	Lento (750 unidades/día)	Rápido (1000 unidades/día)	Rápido (2000 unidades/día)	5	8	10
Mantenimiento	Alto	Alto	Alto	8	8	9
Operación	Fácil	Poco complicada	Fácil	9	7	10
Revoluciones por minuto	1200 RPM	1200 RPM	60 RPM	9	8	7
Fuerza de fricción	Alta	Media	Alta	7	10	8
Voltaje	220V/60HZ,Trifasica	220V/60HZ,Monofasica	220V/60HZ,Trifasica	9	8	9
Presión de extrusión	Poca (10kg/cm ²)	Media (12kg/cm ²)	Alta (15kg/cm ²)	7	8	10
Potencia del motor	Baja (5Hp)	Media (10 Hp)	Alta (20 Hp)	5	8	9
TOTAL				89	92	110

El resultado de las tablas indica que la mejor opción es una máquina extrusora por tornillo sin fin, ya que presenta mejores características con respecto a las demás alternativas, un puntaje total de 110 en ponderación confirma su buen desempeño en el proceso de extrusión; sobre todo en favor a la producción de unidades y el tiempo de producción.

5.3 Factibilidad económica y técnica de las alternativas

Las diferentes alternativas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico. Se indicarán diferentes puntos de comparación, donde a cada alternativa se le asignará un valor de ponderación del (1 al 10) dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto de análisis en mención, siendo 1 pésimo y 10 excelente. La tabla 5.3 muestra la evaluación económica de la construcción de la máquina extrusora de ladrillos para la microempresa Rey Saúl del cantón de Saquisilí.

Tabla 5.3 Evaluación económica

Puntos de evaluación	Factor de ponderación F_i	Puntaje P_i			Prototipo ideal	
		Extrusora Rodillos	Extrusora de Pistón	Extrusora de Tornillo		
1	Materiales	8	8	9	9	10
2	Fabricación	8	8	8	9	10
3	Operación	7	7	8	8	10
4	Mantenimiento	9	9	9	8	10
5	Producción	9	7	7	10	10
Total = $\sum(F_i * P_i)$			314	336	362	410
Coeficiente económico = $P \text{ total} / \text{Puntaje ideal}$			77%	82%	88%	100%

A los puntos de comparación también se les asignará un número del (1 a 3) dependiendo de cuanta importancia tengan con el desarrollo de la máquina extrusora de ladrillos, este número será denominado como el factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible. Para la evaluación técnica de la construcción de la máquina extrusora es necesario concebir puntajes de ponderación óptimos para obtener como resultado la cualificación de una máquina bien estructurada y construida con los requerimientos necesarios que la microempresa lo requiera. La tabla 5.4 muestra la evaluación técnica para la construcción de la máquina extrusora.-

Tabla 5.4 Evaluación técnica

Puntos de evaluación		Factor de ponderación Fi	Puntaje Pi			Prototipo ideal
			Extrusora De Rodillos	Extrusora de Pistón	Extrusora de Tornillo	
1	Funciones	3	2	3	3	3
2	Energía	3	2	3	3	3
3	Seguridad	3	2	3	2	3
4	Ergonomía	3	3	2	2	3
5	Fabricación	3	2	3	3	3
6	Señales	2	1	2	2	3
7	Control	3	3	2	2	3
8	Funcionamiento	3	2	2	3	3
9	Mantenimiento	2	2	3	2	3
10	Rendimiento	3	2	2	3	3
11	Componentes	2	2	2	2	3
12	Operatividad Intuitiva	1	1	1	3	3
13	Montaje Intuitivo	1	1	1	2	3
Total = $\sum(Fi * Pi)$			25	29	32	39
Coeficiente económico = P total /Puntaje ideal			64%	74%	82%	100%

La tabla 5.5 muestra los resultados de la evaluación técnica y económica para construcción de la extrusora.

Tabla 5.5 Resultados de la evaluación técnica-económica

Coeficientes	Extrusora Rotativa	Extrusora de Pistón	Extrusora de Tornillo	Ideal
Coeficientes técnico	64%	74%	82%	100%
Coeficientes económico	77%	82%	88%	100%

La decisión tomada basada en este análisis de alternativas e ingeniería de requerimientos para el diseño, es construir una máquina extrusora de tornillo con capacidad de producir 960 ladrillos diarios, es decir 120 ladrillos por hora, tomando muy en cuenta la seguridad al momento del funcionamiento del proceso de extrusión de la materia prima.

5.4 Análisis funcional de la máquina extrusora

Para el análisis funcional de la máquina extrusora de ladrillos se ha dado lugar a la aplicación y establecimiento de un sistema de ponderación determinado por una escala que permita el grado de selección de los diferentes sistemas que integran la máquina, clasificados bajo un

mismo criterio y tomando en cuenta los diferentes factores de selección, de acuerdo al siguiente detalle.

- **Excelente:** Cuando no se ha detectado ningún incumplimiento de especificaciones y bases establecidas anteriormente, durante el período evaluado. 1% al 15 %.
- **Muy buena:** Cuando los cumplimientos y especificaciones establecidos están entre el 16 % y el 40 %.
- **Buena:** Cuando los cumplimientos y especificaciones están entre el 41% y el 60%.
- **Regular:** Cuando los cumplimientos y especificaciones están entre el 61 % y el 70 %.
- **Mala:** Cuando los cumplimientos y especificaciones están entre el 71 % y el 100 %.
- **Muy mala:** Cuando los incumplimientos y especificaciones no se aplican ni respetan las bases y/o condiciones del presente pliego.

5.4.1 Sistema de accionamiento

La tabla 5.6 muestra la comparativa de las alternativas según las características de cada uno de los dos tipos de accionamiento principales, estableciendo una ponderación donde se selecciona el sistema de accionamiento más adecuado.

Tabla 5.6 Matriz de selección del sistema de accionamiento

Factores de selección	FP	Motor de combustión	Motor eléctrico
Bajo costo de adquisición	0,15	-	X
Mantenimiento	0,15	-	X
Facilidad de instalación	0,25	X	-
Funcionamiento	0,35	X	-
Bajo peso	0,10	-	X
	Σ	0,60	0,40

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es un motor de combustión interna.

5.5 Sistema de alimentación

La tabla 5.7 muestra la matriz comparativa realizada para la selección del sistema de alimentación de la máquina tomando en cuenta las principales características que cada una de estas cumplen.

La tabla 5.7 Matriz de selección del sistema de alimentación.

Factores de selección	FP	Tolva prismática	Tolva cilíndrica	Tolva rectangular
Bajo costo de fabricación	0,35	X	-	X
Construcción	0,10	X	-	X
Dirección de alimentación	0,15	X	X	X
Peso	0,25	X	X	X
Adaptabilidad a la arcilla	0,15	X	X	-
	Σ	1	0,55	0,85

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es una tolva de forma prismática.

5.6 Sistema de extrusión

A continuación, la tabla 5.8 representa una matriz comparativa de selección para el sistema de extrusión que proporcionara la velocidad y flujo constante de la pasta.

Tabla 5.8 Matriz de selección del sistema de extrusión.

Factores de selección	FP	De Rodillos	De Hélices	De Pistón
Eficiencia	0,30	-	X	X
Facilidad de uso	0,20	X	X	X
Volumen de trabajo	0,15	-	X	X
Mantenimiento	0,25	X	-	-
Homogenización de la mezcla	0,10	X	X	-
	Σ	0,55	0,75	0,65

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, es el sistema de extrusión por medios de hélices.

5.7 Sistema de corte

A continuación, la tabla 5.9 representa una matriz comparativa de selección para el sistema de corte.

Tabla 5.9 Matriz de selección del sistema de corte.

Factores de selección	FP	Corte manual por cizalladura	Corte automático
Eficiencia	0,15	-	X
Costo	0,25	X	-
Resistencia	0,25	X	X
Mantenimiento	0,35	X	-
	Σ	0,65	0,60

Al ponderar los factores en la matriz de selección, la alternativa óptima de este módulo, en el sistema de corte manual por cizalladura.

5.8 Diseño de la máquina extrusora

5.8.1 Sistema de accionamiento

Para el accionamiento de la máquina extrusora de ladrillos se seleccionó un motor de combustión interna a diésel, debido a que si se optaba por el motor eléctrico la microempresa debía instalar un transformador ya que la red eléctrica no abastecía para el funcionamiento de dicho elemento.

5.8.2 Sistema de alimentación

Volumen de la tolva

La tolva se encarga de alimentar la máquina con la arcilla, la dimensión de la tolva se determinó en función del volumen, por su forma tiene una inclinación de 73° que facilita la caída del material hacia el cilindro extrusor, se construyó con plancha de acero anti corrosiva.

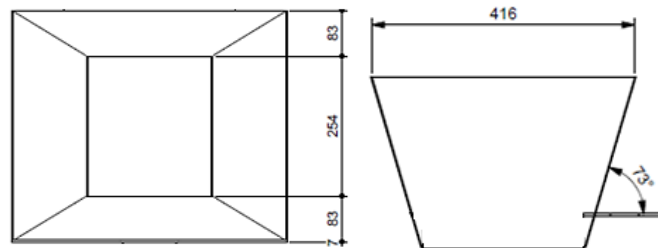


Figura 5.1 Tolva de alimentación

Las dimensiones de la tolva se propusieron como 416 mm de ancho y 420 mm de largo en la parte superior, 254 mm de ancho y 254 mm de largo en la parte inferior.

Para el cálculo del volumen de la tolva se utilizan las ecuaciones:

El área del rectángulo superior se calcula con la ecuación 4.2 y se obtuvo el siguiente resultado:

$$A_2 = 174720 \text{ mm}^2$$

El área del cuadrado inferior es el siguiente, y se determinó con la ecuación 4.3:

$$A_1 = 64516 \text{ mm}^2$$

Para obtener el volumen total de la tolva se utilizó la ecuación 4.1:

$$V_t = 0,034 \text{ m}^3$$

La tolva se construirá con las medidas establecidas y con una plancha anti abrasiva. (Anexo III)

5.8.3 Sistema de extrusión

5.8.3.1 Volumen de extrusión

Luego de obtener las medidas de los ladrillos (largo, ancho y altura, se procede a calcular el volumen de extrusión con la ecuación 4.4.

$$V = 0,0168m^3$$

Procedemos a calcular la densidad de la arcilla con la ecuación 4.5:

$$p = 1852 \text{ kg}/m^3$$

5.8.3.2 Diseño del tornillo extrusor

El tornillo extrusor se lo realizo de una forma tradicional mediante el empleo de platinas y varillas.

5.8.3.2.1 Cálculo de la longitud del tornillo extrusor

Para determinar la longitud del tornillo tomamos en cuenta la relación recomendada estandarizada, que se expresa en la ecuación 4.6:

$$L = 0,58 m$$

5.8.3.2.2 Área de flujo

Luego de obtener el valor del volumen y teniendo presente que el diámetro es el mismo que el paso del tornillo extrusor, se procede a calcular el área de flujo con la ecuación 4.7:

$$A = 0,06m^2$$

5.8.3.2.3 Diámetro del eje

Para el cálculo del diámetro del eje se tomará en cuenta el valor del área de flujo y el diámetro de tornillo extrusor, para lo cual emplearemos la ecuación 4.9:

$$d = 0,04m$$

Con el dato obtenido del diámetro del eje se procederá a seleccionar de un eje ANSI 4340 (705) con un diámetro 0,04m. (Anexo IV)

5.8.3.2.4 Ancho del filete

Mediante la relación presente en la máquina de extrusión determinamos el ancho del filete, que se obtiene mediante la ecuación 4.10:

$$e = 0,0012m$$

5.8.3.2.5 Ángulo de la hélice del canal

El ángulo de la hélice del tornillo extrusor será calculado por medio de la ecuación 4.11:

$$\varphi = 17^\circ$$

5.8.3.2.6 Cálculo del número de filetes del tornillo

El número de los filetes presentes en el tornillo extrusor corresponde a la relación de la longitud y diámetro, para lo cual emplearemos la ecuación 4.12:

$$Filetes = 2.5$$

5.8.3.2.7 Tolerancia del tornillo extrusor

Para determinar la tolerancia del tornillo tomamos en cuenta el diámetro del filete y utilizaremos la ecuación 4.13:

$$\delta = 0.0124m$$

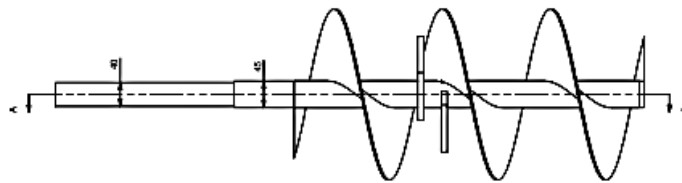


Figura 5.2 Tornillo extrusor diseñado

Para el montaje del eje extrusor se utilizará dos chumares de piso con un diámetro de 0.40m. (Anexo V).

5.8.3.3 Diseño del cilindro

5.8.3.3.1 Cálculo del radio interior del cilindro

Luego de obtener el valor del diámetro del filete y de la tolerancia del tornillo, se procederá a calcular el radio interior del cilindro con la ecuación 4.14:

$$r_{ic} = 0.16m$$

5.8.3.3.2 Cálculo del radio exterior del cilindro

En el mercado de tubería estructural que se va a utilizar existen espesores 1,5, 2, y 4 mm. Se toma el espesor de 4mm, con lo cual determinamos el radio exterior utilizando la ecuación 4.15 y tenemos lo siguiente:

$$r_{oc} = 0.164m$$

Con el dato obtenido del radio exterior del cilindro procederemos a seleccionar de una tubería estructural de diámetro de 0.32 m de espesor 0.004 m y de longitud 0.59 m. (Anexo VI)

5.8.3.4 Diseño de la boquilla de extrusión

La boquilla tendrá un área superior respecto al cilindro y al finalizar el ancho de 14 cm y largo 30 cm debido a que son las medidas del ladrillo.

5.8.3.4.1 Reducción del área

La reducción del área de la boquilla de extrusión la obtenemos con la ecuación 4.16:

$$\text{Reducción de area} = 5$$

5.8.3.4.2 Ángulo de la boquilla

Debido a que la boquilla se reduce a lo largo se presenta un ángulo de inclinación, que lo calculamos con la ecuación 4.17:

$$\alpha = 5^\circ$$

5.8.3.5 Potencia para el proceso de extrusión

Una vez defino los diferentes componentes del sistema de extrusión, se procederá a calcular necesaria y las diferentes fuerzas que interactúan en el sistema.

5.8.3.5.1 Cálculo del número de revoluciones

Para la determinación del número de revoluciones se tomó en cuenta la velocidad en el eje del motor con la ayuda de un tacómetro digital, el dato obtenido fue de 403 rpm, teniendo en cuenta que los procesos de extrusión se realizan a velocidades bajas, el número de revoluciones se obtuvo con la ecuación 4.18:

$$n_2 = 85rpm$$

Tomando en cuenta el rango de velocidad de extrusión en arcillas se procedió a seleccionar un engranaje motriz de 19 dientes y un engranaje de transmisión de 90 dientes, (Anexo VII) mismos que permitieron obtener un valor de 85 rpm, el cual se encuentra dentro del rango de velocidad de extrusión establecido.

Con el accionamiento del motor y el propósito de establecer la velocidad apropiada durante el proceso de extrusión se realizó un ensayo de experimentación, con el que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5.10. Velocidades de extrusión ensayo de experimentación.

VELOCIDAD DE EXTRUSIÓN	
VALOR	RESULTADO
50 rpm	Problema de atascamiento en la salida del material.
85 rpm	Pasta maciza y continua. Mejora en la homogenización de la arcilla
110 rpm	Imperfecciones en la pasta de arcilla.

5.8.3.5.2 Cálculo de la fuerza

Debido a que las hélices entran en funcionamiento durante todo el proceso de extrusión, se asume que trabajaran 2.5 hélices en el tornillo sin fin.

Por tal motivo la fuerza de extrusión de la arcilla, se obtiene aplicando la ecuación 4.19:

$$F = 38311.24N$$

5.8.3.5.3 Cálculo del Torque

Considerando la fuerza y el radio de la hélice se obtuvo con la ecuación 4.20, teniendo como resultado:

$$T = 5363.57N m$$

5.8.3.5.4 Cálculo de la Potencia

La potencia de extrusión se obtiene mediante la ecuación 4.21, dando como resultado:

$$P = 24Hp$$

Realizado todos los cálculos correspondientes se optó por la selección de un motor de combustión interna a diésel, que sea de fácil manipulación y sobre todo el ahorro en el proceso de producción de los ladrillos.

5.8.3.5.5 Cálculo de la fuerza axial sobre el eje

Mediante estudios precedentes de máquinas extrusoras con igual diámetro de filetes existentes en el mercado se obtuvo un valor de presión interna $15 \frac{kg}{cm^2}$, con el cual se determinó la fuerza axial con la ecuación 4.22, siendo igual a:

$$F_A = 103906.95N$$

5.8.3.5.6 Fuerza axial resultante

Considerando la fuerza axial sobre el eje se determinó la fuerza axial resultante con la ecuación 4.24:

$$F_T = 89986.05N$$

5.8.3.5.7 Determinación de fuerza cortante

La fuerza cortante se calculó mediante la ecuación 4.26, siendo lo siguiente:

$$F_{CT} = 51953.47N$$

5.8.3.5.8 Determinación de la fuerza de fricción.

Para determinar la fuerza de fricción que existe entre los elementos de la máquina extrusora de ladrillos se utiliza el coeficiente de fricción sobre la plancha de acero, con la ecuación 4.27:

$$F_r = 72734.85N$$

5.8.4 Cálculo de esfuerzos sobre el eje extrusor

Esfuerzo normal debido a la carga axial

Para el cálculo del esfuerzo normal se utilizó la ecuación 4.28:

$$\sigma_N = 74MPa$$

Esfuerzo cortante

Utilizando la ecuación 4.29 del esfuerzo cortante máximo tenemos lo siguiente:

$$\tau = 43MPa$$

5.8.4.1 Análisis de momento del tornillo extrusor

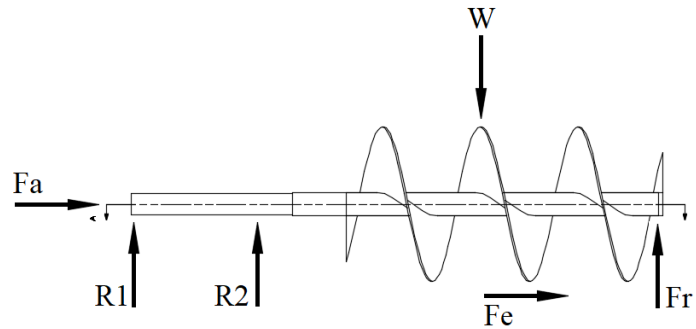


Figura 5.3 Diagrama de fuerzas del tornillo extrusor

En la figura 5.3, se representa las fuerzas a las que se encuentra sometido tornillo extrusor las cuales son: el peso de todos los elementos que conforman el tornillo sin fin, la fuerza necesaria para la extrusión, la fuerza axial en los cojinetes y el momento de fricción necesario para mover todo el sistema de extrusión.

De la figura 5.3, del diagrama de cuerpo libre del cilindro trillador, se calcula las fuerzas y momentos que se presentan con respecto al plano xy:

- Se procede a ubicar las fuerzas y se realiza el diagrama de cuerpo libre en el plano como se indica en la figura. 5.4:

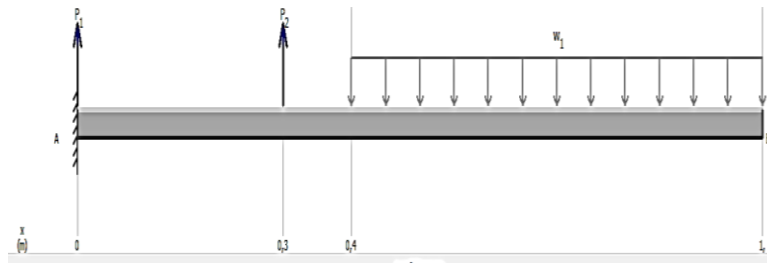


Figura 5.4 Diagrama de cuerpo libre

- a) El diagrama de carga en el plano , se indica en la figura 5.5:

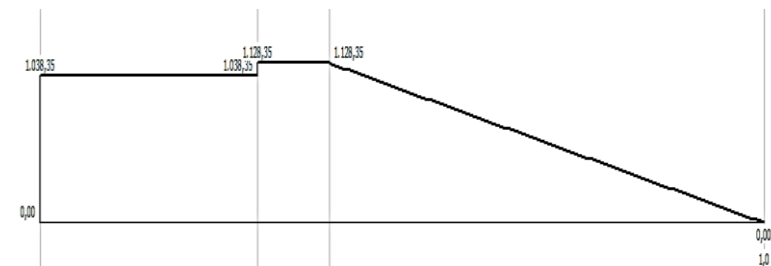


Figura 5.5 Diagrama de carga

b) El diagrama de momento flector en el plano , se indica en la figura 5.6:

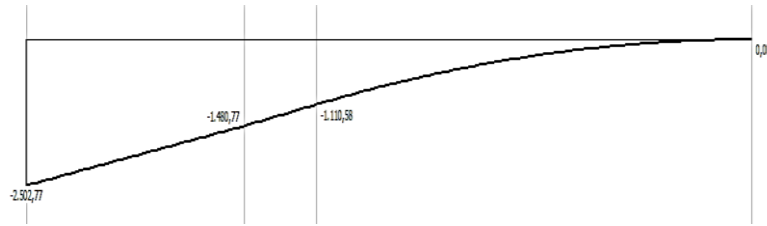


Figura 5.6 Diagrama de momento flector en el plano

5.8.5 Sistema de corte

Cabezal de corte

El cabezal de corte tiene dos partes el soporte o guía, y el carro móvil, el soporte tiene una forma triangular de 0.70 m de largo, 0.40 de ancho y 0.56 de alto, que está hecho de un perfil estructural tipo C en acero ASTM 36, el carro móvil tiene dos perfiles de acero L ASTM 36 de espesor 3mm acoplados de forma de triangular dentro de los cuales consta de rodamientos y grasa que permite el desplazamiento de izquierda a derecha y viceversa.

En la parte superior del carro móvil se encuentra dos planchas de acero que tienen un ancho de 90 mm, de acuerdo a las medidas de los ladrillos a obtener, las cuales se encuentran divididas por un corte de 10 mm con el propósito de permitir el paso de la palanca de corte.

Palanca de corte

La palanca de corte consta de 0.52 m de largo, 0.45 m de ancho y 0.12 m de alto, tiene un mango de apoyo manual constituido de un perfil redondo de sección hueca de 20mm de diámetro, tiene un mecanismo de bisagra ensamblada en los extremos del cabezal, el cual permite el corte mediante un alambre de hacer galvanizado.

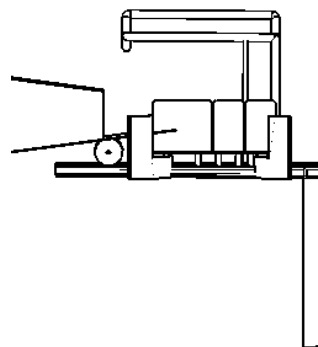


Figura 5.7 Sistema de corte

5.8.6 Diseño de la estructura de la máquina

La máquina extrusora de ladrillos consiste en una base triangular donde soporta la estructura del cilindro y tolva, así como para el anclaje de sistema de transmisión por engranajes. La estructura de soporte del cilindro consiste en un perfil en L que se encuentra unida a la base por medio de un proceso de soldadura. El cilindro fue construido de un tubo de 12 pulg de diámetro sin costura de alta resistencia mecánica. El tornillo extrusor consta de un eje macizo de 40 mm de diámetro y el espiral realizado con platinas y varilla de espesor 12 mm. La tolva consta de una configuración geométrica rectangular con planchas de acero anticorrosivo de espesor 4 mm resistente a la corrosión.

6. PRESUPUESTO

En este ítem de la propuesta tecnológica, se detalla el análisis de costos correspondiente a la construcción de cada sistema que conforma la máquina extrusora de arcilla, considerando que los costos se clasifican en dos grupos, los cuales son:

- **Costos directos**
- **Costos indirectos**

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación

6.1 Análisis financiero

6.1.1 Costos directos

En los costos directos se presentan los siguientes subconjuntos:

- Materiales utilizados para la construcción de la estructura.
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de extrusión.
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de alimentación
- Materiales utilizados para la construcción del sistema de corte.
- Materiales utilizados para el sistema de accionamiento

Tabla 6.1 Costos directos

COSTOS DIRECTOS	COSTO TOTAL (\$)
Costo de materiales	575,50
Costo de elemento de accionamiento	1800
Costos por utilización de equipos	160,50
Costo de elementos de seguridad	23,00
Costo de mano de obra	150,00
Consumo combustible	41,60
TOTAL	2750,60

Ver detalle de los costos directos. (Anexo XI)

6.1.2 Costos Indirectos

Dentro de los costos indirectos se detallan valores como:

- Transporte
- Alimentación

Tabla 6.2 Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS	COSTO TOTAL (\$)
Transporte	40,00
Alimentación	20,00
Total	60,00

6.1.3 Costo ingenieril

En la tabla 6.8 se puede apreciar los costos indirectos del diseño de la máquina extrusora que es considerado el 10% del total de los gastos directos.

Tabla 6.3 Costos de la inversión total

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Costos directos	2810,60
Costos indirectos	281,06
INVERSIÓN TOTAL	3091,66

Como se puede apreciar en la tabla 6.8, la inversión total del proyecto es de 3091,66 (tres mil noventa y uno con 66/100) dólares; al analizar en función del mercado nacional, no existe una máquina de estas características con un precio tan económico.

6.1.4 Análisis del TIR y el VAN

En la tabla 6.9 se muestra la viabilidad que tiene el proyecto en el mercado.

Tabla 6.4 Flujo de caja anual

	Años					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos		4.500,00	4.950,00	5.445,00	5.989,50	6.588,45
(-)Costos de producción		2.270,62	2.497,68	2.747,45	3.022,20	3.324,41
=Utilidad Bruta en ventas		2.229,38	2.452,32	2.697,55	2.967,30	3.264,04
(-)Gastos Operacionales			-	-	-	-
(-)Depreciación		317,00	317,00	317,00	317,00	317,00
=Utilidad Operacional (UAI)		1.912,38	2.135,32	2.380,55	2.650,30	2.947,04
(-)Intereses (aparece si hay préstamos)						
(=)Utilidad antes de impuestos		1.912,38	2.135,32	2.380,55	2.650,30	2.947,04
(-)Impuestos		707,58	790,07	880,80	980,61	1.090,40
(=)Utilida Neta		1.204,80	1.345,25	1.499,75	1.669,69	1.856,63
(+)Depreciación		317,00	317,00	317,00	317,00	317,00
Inversión Inicial (año 0) valor en negativo	(3.091,66)					
Préstamos (año 0) (+)						
Amortización del préstamo (-)						
CASH FLOW (FLUJO EFECTIVO)	(3.091,66)	1.521,80	1.662,25	1.816,75	1.986,69	2.173,63
					TMAR=	0,0579
					VAN=	\$ 4.593,23
					TIR=	48%

6.2 Análisis de impactos

6.2.1 Impactos técnicos

La máquina extrusora de arcilla está diseñada y construida para cumplir satisfactoriamente con los requerimientos y necesidades al momento de la producción de ladrillos de forma continua y con fluidez, también en el aspecto de seguridad y ergonomía del operario, con el fin de evitar accidentes de trabajo o alguna enfermedad profesional.

6.2.2 Impactos ambientales

La máquina extrusora de ladrillos al contar con un motor de combustión interna como elemento de propulsión cumple con los parámetros de emisión de gases permitida. De tal forma dicha máquina genera un nivel de ruido permisible al oído humano.

6.2.3 Impactos Sociales

Con la implementación de la máquina extrusora se incrementó la producción de ladrillos en la microempresa “Rey Saúl” del cantón Saquisilí, disminuyendo el tiempo de fabricación, de tal forma que incentiva y ayuda con los procesos de producción realizados por parte de la industria ladrillera.


7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Luego de realizar un análisis sobre los diferentes tipos de extrusoras de arcilla que existen en el mercado se seleccionó la del tipo hélice, la cual fue guía para el diseño y construcción de la máquina extrusora de ladrillos de acuerdo a las necesidades y requerimientos en la microempresa.
- La implementación de la máquina extrusora de ladrillos se redujo el tiempo de fabricación, por consiguiente, la producción se incrementó a veinte unidades en un periodo de diez minutos, cantidad que supera al doble de producción en forma artesanal.
- En los ensayos de velocidad de extrusión de la máquina con un valor de 125 rpm se obtuvo imperfecciones en la pasta de arcilla. Con un valor de 50 rpm se produjo un problema de atascamiento en la salida del material. Con un valor de 85 rpm se obtuvo una pasta maciza y continúa mejorando relativamente la homogenización de la arcilla.
- Con el proceso de construcción del tornillo extrusor de manera tradicional mediante el uso de platinas y varillas se redujo el costo de fabricación en un 83% en relación a la construcción de forma mecanizada.
- En la máquina extrusora de ladrillos el uso del agua con un caudal de $0.0000016 \frac{m^3}{s}$ permitió el deslizamiento continuo de la pasta de arcilla a través de las paredes de la boquilla.

7.2 Recomendaciones

- La combinación de la automatización a este tipo de máquinas permitirá una mejor eficiencia al momento de realizar el proceso de extrusión de la arcilla teniendo menor intervención de los obreros.
- La implementación de un sistema de corte adecuado en la máquina extrusora permitirá el mejor desenvolvimiento del trabajo y la calidad de corte será mucho mejor, permitiendo aumentar significativamente la producción.
- Para la fabricación de ciertos elementos de la máquina extrusora se recomienda optar por otros procesos de construcción que permitan disminuir significativamente los impactos económicos en la elaboración de los mismos.
- La selección de materiales y de cada uno de los elementos deben estar en condiciones aceptables para evitar contratiempos al momento de poner en marcha la máquina extrusora de ladrillos.



Brayan Paúl Almache Oña

Proponente 1

Email: brayan.almache8@utc.edu.ec

Telf.: 0989105933

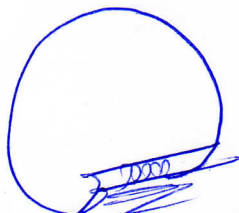


Hernán Israel Venegas Trávez

Proponente 2

Email: hernan.venegas4@utc.edu.ec

Telf.: 0983077556




Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez Ing.

Tutor 1

Email: mauro.albarracin@utc.edu.ec

Telf.: 0984597473



Ph.D. Héctor Luis Laurencio Alfonso Ing.

Tutor 2

Email: hector.laurencio@utc.edu.ec

Telf.: 0998978168

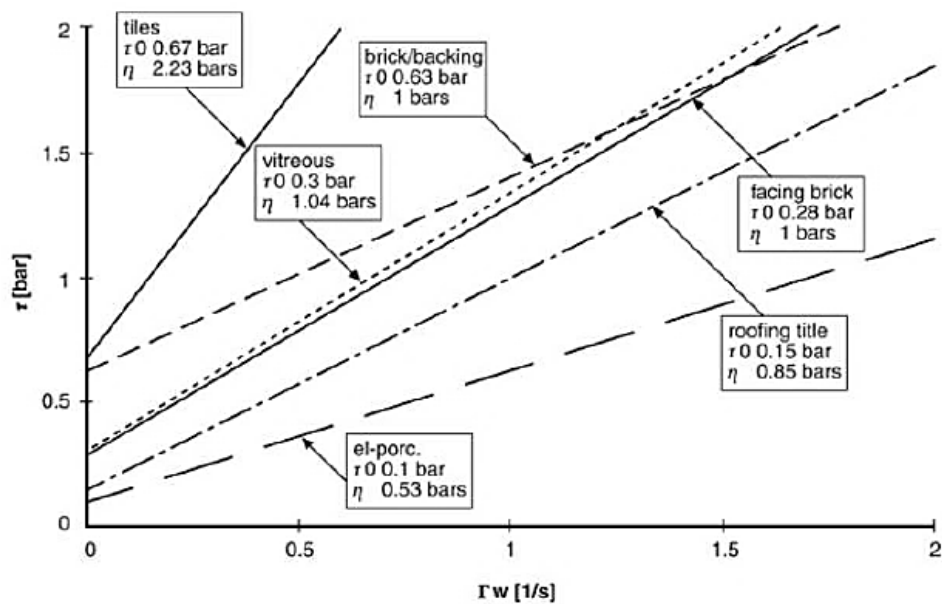
8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. E. B. Balseca, «Estudio de un sistema semiautomático moldeador de ladrillos de arcilla para reducir el tiempo de elaboración en la ladrillera artesanal del Cantón Chambo Provincia de Chimborazo,» Ambato, 2013.
- [2] M. F. C. Sánchez, «Mejoramiento Y Tecnificación De Extrusora Para La Elaboración De Ladrillos Artesanales,» Guayaquil, 2010.
- [3] W. V. Díaz, «Diseño y Validación de un Modelo de Extrusora de Arcilla,» Barranquilla, 2008.
- [4] I. E. d. Normalización, Ladrillos cerámicos. Definiciones. Clasificación y Condiciones Generales, Quito: INEN, 1977.
- [5] F. I. Flores, «Diseño de una máquina semiautomática moldeadora de ladrillo de barro, utilizable en la industria ladrillera,» Puebla, 2004.
- [6] E. d. c. y. p. d. l. r. ARQHYS., «Los interesantes usos del ladrillo en la construcción.,» *ARQHYS*, vol. 2, 2012.
- [7] F. M. G., El ladrillo en la construcción., España: CEAC, 1981.
- [8] I. E. d. Normalización, Ladrillos cerámicos. Requisitos, Quito: INEN, 1977.
- [9] ENNIVS, «Etimología de Extrusión,» ENNIVS, 2001. [En línea]. Available: <http://etimologias.dechile.net/?extrusio.n>. [Último acceso: 22 07 2018].
- [10] J. Barranzuela Lescano, Proceso productivo de los ladrillos de arcilla, Piura: Universidad de Piura, 2014.
- [11] M. T. M. Cifuentes, Manual para la evaluación de las propiedades de expansión térmica y humedad en piezas de arcilla., Universidad de los Andes , 2008.
- [12] F. Handle, Extrusión en cerámicos, Nueva York: Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [13] X. Elías, «La fabricación de los materiales cerámicos,» de *Optimización de procesos cerámicos industriales* , Medellín, 2001.
- [14] H. C. Engineering, Memoria Básica fábrica de ladrillos cerámicos, Ceramic Engineering, 2014.
- [15] D. F. J. H. Ovejero, Manejo de maquinarias y equipos, EMT - UCM, 2014.

- [16] M. B. y. A. Marcilla, «Tecnología de extrusión,» [En línea]. Available: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>. [Último acceso: 23 07 2018].
- [17] M. General, « Campus virtual,» [En línea]. Available: http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/MATERIAL%20BIBLIOGRAFICO%20TECNICO%20PARA%20APOYO%20DOCENTE/Material%20Didactico/Engranajes_1.pdf. [Último acceso: 22 Julio 2018].
- [18] A. Ligeró, Fundamentos del KBE (Knowledge Based Engineering), Catia V5, 2010.
- [19] Mariano, «Tecnología de los Plásticos,» Blog, Martes Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>. [Último acceso: 23 Julio 2018].
- [20] C. D. d. S. Estructural, Código de Soldadura Estructural-Acero, American Welding Society (AWS) , 2010.
- [21] C. Riba, Diseño concurrente, Barcelona, 2002.
- [22] P. D. M. Fernández, *Principios teóricos y sus aplicaciones prácticas en la fabricación de productos cerámicos de construcción: baldosas, tejas, ladrillos.*, Barranquilla, 2008.
- [23] Electronicaestudio, «Tutoria de engranajes,» 2010. [En línea]. Available: http://www.electronicaestudio.com/docs/1550_Tutorial_de_ENGRANES.pdf. [Último acceso: 22 Julio 2018].
- [24] N. E. d. I. Construcción, Estructuras de acero, Quito: Dirección de comunicación social, MIDUVI, 2014.
- [25] I. C. A. Ahumada, Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero, Santiago de Chile: Asociación Latinoamericana del Acero , 2010.
- [26] F. Moreno, «El ladrillo en la construcción,» de *El ladrillo en la construcción*, España, Ediciones CEAC, 1981.
- [27] M. Baumeister Theodore, «Manual del Ingeniero Mecánico,» de *Manual del Ingeniero Mecánico*, Colombia , McGraw - Hill, 1984, pp. 10 - 50 - 10 - 51 p..
- [28] I. E. d. Normalización, Áridos para hormigón. Determinación del contenido de terrones de arcilla y parátículas desmenuzables, Quito: INEN, 2010.

ANEXOS

ANEXO I. CURVAS DE FLUJO DE TIEMPOS COMPUESTOS DE CERÁMICAS FABRICADOS EN ARCILLA




ANEXO II. COEFICIENTE DE FRICCIÓN SOBRE LA PLANCHA DE ACERO

Material	Coefficiente
Antracita	0.33
Arcilla	0.60-0.70
Cal hidratada	0.65
Caliza , pulverizada	0.53
Carbon bituminoso	0.59
Cemento	0.93
Combustible de madera , triturada, seco	0.65
Copra	0.40
Coque	0.36
Granos	0.30-0.40
Serrin mojado	0.60
Sosa comercial	0.65

ANEXO III. ELEMENTO PARA ESTRUCTURA DE LA TOLVA

PLANCHA ANTI ABRASIVA



Especificaciones Generales

Descripción Plancha aleada de gran resistencia al desgaste por abrasión, impacto y desdoblamiento. Más tenaz y resistente a la corrosión que otros aceros al carbono.

Aplicaciones Para elementos de movimientos de tierra, minerales y materiales abrasivos tales como las tolvas de volquetes, cucharas de máquinas cargadoras, elementos de máquinas trituradoras, chancadoras y prensas de chatarra. También para construcciones soldadas que requieren alta resistencia y buena tenacidad a bajas temperaturas.

Dimensiones 2000 X 6000 mm

Composición Química

Dureza	C	Si	Mn	Cr	Ti	S
400 HB	0,26	0,55	1,6	0,4	0,02	0,004
500 HB	0,36	0,55	1,6	0,8	0,02	0,004

Propiedades Mecánicas (máx)

Dureza	Resistencia Mecánica	Punto de Fluencia
	N/mm ²	N/mm ²
400 HB	1316	1163
500 HB	1449	1449

Dureza y Espesores (mm)

Dureza	Espesores (mm)
400 HB	5, 6, 10, 12, 19, 20
500 HB	12, 25

ANEXO IV. ELEMENTO PARA EL TORNILLO DE ESTRUSIÓN

EJES Acero 705



Especificaciones Generales

Calidad	AISI 4340 (705)
Descripción	Es un acero bonificado al cromo, níquel, molibdeno, altamente resistente a la tracción, torsión y a cambios de flexión. Insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a la fragilidad del revenido.
Aplicaciones	Partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos, brazo de dirección, cigueñales, árboles de leva, barras de torsión, embragues, piñones, barras de cardán, ejes de bombas, ejes para aviones, muñones, pernos de alto grado de tensión, rodillos de transportadora, etc...
Longitud	6 m

Composición Química

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0,34	0,1 - 0,35	0,60 - 0,80	0,04 - 0,30	0,002 - 0,03

Propiedades Mecánicas

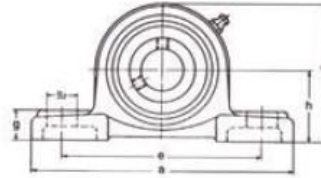
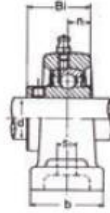
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROCKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Dimensiones

Diámetro
25 mm
32 mm
38 mm
45 mm
50 mm
60 mm
70 mm
90 mm

ANEXO V. ELEMENTOS PARA EL MONTAJE DEL EJE EXTRUSOR

Datos Técnicos



CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)										Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg
	mm	pulg	h	a	e	b	s ₁	s ₂	g	w	Bi	n				
UCP 204 204-12	20 19.05	3/4	33.3	127	95	38	13	19	15	63	31	12.7	M10 (W3/8)	UCP 204 204-12	P 204	P 204
UCP 205 205-14 205-16	25 22.225 25.4	7/8 1	36.5	140	105	38	13	19	16	70	34	14.3	M10 (W3/8)	UCP 205 205-14 205-16	P 205	P 205
UCP 206 206-18	30 28.575	1 1/8	42.9	165	121	48	17	21	17	83	38.1	15.9	M14 (W1/2)	UCP 206 206-18	P 206	P 206
UCP 207 207-20 207-22	35 31.75 34.925	1 1/4 1 3/8	47.6	167	127	48	17	21	19	92	42.9	17.5	M14 (W1/2)	UCP 207 207-20 207-22	P 207	P 207
UCP 208 208-24	40 38.1	1 1/2	49.2	184	137	54	17	21	19	98	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 208 208-24	P 208	P 208
UCP 209 209-28	45 44.45	1 3/4	54	190	146	54	17	21	20	106	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 209 209-28	P 209	P 209
UCP 210	50		57.2	206	159	60	20	22	22	112	51.6	19.0	M16 (W5/8)	UCP 210	P 210	P 210
UCP 211 211-32	55 50.8	2	63.5	219	171	60	20	22	22	125	55.6	22.2	M16 (W5/8)	UCP 211 211-32	P 211	P 211
UCP 212 212-36	60 57.15	2 1/4	69.8	241	184	70	20	25	25	137	65.1	25.4	M16 (W5/8)	UCP 212 212-36	P 212	P 212
213-40	63.5	2 1/2	76.2	265	203	70	25	30	27	150	65.1	25.4	M20 (W3/4)	213-40	P 213	P 213
215-48	76.2	3	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20 (W3/4)	215-48	P 215	P 215

ANEXO VI. ELEMENTO PARA EL CILINDRO DE LA MÁQUINA

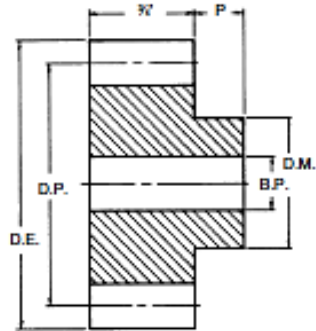


TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
API 5L / ASTM A53 / A106

www.vemacero.com

Diámetro Nominal NPS		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		ASTM A53 PRESION DE PRUEBA			
Pulgadas In.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/plc	kg/m	Grado A		Grado B	
										psi	Kg/cm2	psi	Kg/cm2
8	200	8.625	219.1	0.188	4.78	-	-	16.94	25.26	780	55	920	65
				0.203	5.16	-	-	18.26	27.22	850	60	1000	70
				0.219	5.56	-	-	19.66	29.28	910	64	1070	75
				0.250	6.35	-	20	22.36	33.31	1040	73	1220	86
				0.277	7.04	-	30	24.70	36.81	1160	82	1350	95
				0.312	7.92	-	-	27.70	41.24	1300	91	1520	107
				0.322	8.18	STD	40	28.55	42.55	1340	94	1570	110
				0.344	8.74	-	-	30.42	45.34	1440	101	1680	118
				0.375	9.52	-	-	33.04	49.20	1570	110	1830	129
				0.406	10.31	-	60	35.64	53.08	1700	120	2000	141
				0.438	11.13	-	-	38.30	57.08	1830	129	2130	150
				0.500	12.70	XS	80	43.39	64.64	2090	147	2430	171
				0.594	15.09	-	100	50.95	75.92	2500	176	2800	197
				0.719	18.26	-	120	60.71	90.44	2800	197	2800	197
				0.812	20.62	-	140	67.76	100.92	2800	197	2800	197
0.875	22.22	XXS	-	72.42	107.88	2800	197	2800	197				
0.906	23.01	-	160	74.69	111.27	2800	197	2800	197				
10	250	10.750	273.0	0.188	4.78	-	-	21.21	31.62	630	44	730	51
				0.203	5.16	-	-	22.87	34.08	680	48	800	56
				0.219	5.56	-	-	24.63	36.67	730	51	860	60
				0.250	6.35	-	20	28.04	41.75	840	59	980	69
				0.279	7.09	-	-	31.20	46.49	930	65	1090	77
				0.307	7.80	-	30	34.24	51.01	1030	72	1200	84
				0.344	8.74	-	-	38.23	56.96	1150	81	1340	94
				0.365	9.27	STD	40	40.48	60.29	1220	86	1430	101
				0.438	11.13	-	-	48.19	71.87	1470	103	1710	120
				0.500	12.70	XS	60	54.71	81.52	1670	117	1950	137
				0.594	15.09	-	80	64.43	95.97	1990	140	2320	163
				0.719	18.26	-	100	77.03	114.70	2410	169	2800	197
				0.844	21.44	-	120	89.29	133.00	2800	197	2800	197
				1.000	25.40	XXS	140	104.13	155.09	2800	197	2800	197
				1.125	28.57	-	160	115.65	172.21	2800	197	2800	197
12	300	12.750	323.8	0.203	5.16	-	-	27.20	40.55	570	40	670	47
				0.219	5.56	-	-	29.31	43.63	620	44	720	51
				0.250	6.35	-	20	33.38	49.71	710	50	820	58
				0.281	7.14	-	-	37.42	55.75	790	56	930	65
				0.312	7.92	-	-	41.45	61.69	880	62	1030	72
				0.330	8.38	-	30	43.77	65.18	930	65	1090	77
				0.344	8.74	-	-	45.58	67.90	970	68	1130	79
				0.375	9.52	STD	-	49.52	73.78	1060	75	1240	87
				0.406	10.31	-	40	53.52	79.70	1150	81	1340	94
				0.438	11.13	-	-	57.59	85.82	1240	87	1440	101
				0.500	12.70	XS	-	65.42	97.43	1410	99	1650	116
				0.562	14.27	-	60	73.15	108.92	1590	112	1850	130
				0.688	17.28	-	80	88.63	132.04	1940	136	2270	160
				0.844	21.44	-	100	107.32	159.86	2390	168	2780	195
				1.000	25.40	XXS	120	125.49	186.91	2800	197	2800	197
1.125	28.57	-	140	139.68	208.00	2800	197	2800	197				
1.312	33.32	-	160	160.27	238.68	2800	197	2800	197				

ANEXO VII. ELEMENTOS PARA EL SISTEMA DE TRANSMISION DE LA MÁQUINA



Tipo B



Tipo B
Sencillo con Maza

Acero

Número de Dientes	Número de Parte	Ángulo de Presión	Diámetro		Tipo	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Paso	Exterior		Piloto	Máz.*	Diámetro	Proy.	
11	S1211	14½	1.000†	1.167	B	½	**	¾	½	.14
12	S1212	14½	1.000	1.167	B	½	**	¾	½	.16
13	S1213	14½	1.083	1.250	B	½	**	¾	½	.20
14	S1214	14½	1.167	1.333	B	½	**	¾	½	.24
15	S1215	14½	1.250	1.417	B	¾	**	1	½	.27
16	S1216	14½	1.333	1.500	B	¾	¾	1½	½	.34
17	S1217	14½	1.417	1.580	B	¾	¾	1½	½	.36
18	S1218	14½	1.500	1.667	B	¾	¾	1½	½	.42
19	S1219	14½	1.583	1.750	B	¾	¾	1½	½	.48
20	S1220	14½	1.667	1.833	B	¾	¾	1½	½	.56
21	S1221	14½	1.750	1.917	B	¾	¾	1½	½	.64
22	S1222	14½	1.833	2.000	B	¾	¾	1½	½	.70
23	S1223	14½	1.917	2.083	B	¾	¾	1½	½	.78
24	S1224	14½	2.000	2.166	B	¾	1	1½	½	.88
25	S1225	14½	2.083	2.250	B	¾	1¼	1½	½	.96
26	S1226	14½	2.167	2.333	B	¾	1¼	1½	¾	1.14
28	S1228	14½	2.333	2.500	B	¾	1½	2¼	¾	1.34
30	S1230	14½	2.500	2.667	B	¾	1½	2¼	¾	1.60
32	S1232	14½	2.667	2.833	B	¾	1¾	2¼	¾	1.72
34	S1234	14½	2.833	3.000	B	¾	1¾	2¼	¾	1.88
36	S1236	14½	3.000	3.167	B	¾	1½	2½	¾	2.20
38	S1238	14½	3.167	3.333	B	¾	1½	2½	¾	2.38
40	S1240	14½	3.333	3.500	B	¾	1½	2½	¾	2.54
42	S1242	14½	3.500	3.666	B	¾	1½	2½	¾	2.72
44	S1244	14½	3.667	3.833	B	¾	1½	2½	¾	2.94
48	S1248	14½	4.000	4.166	B	¾	1½	2½	¾	3.50
54	S1254	14½	4.500	4.666	B	¾	1½	2½	¾	4.40
56	S1256	14½	4.667	4.833	B	¾	1½	2½	¾	4.60
60	S1260	14½	5.000	5.166	B	¾	1½	2½	¾	5.14
64	S1264	14½	5.333	5.500	B	¾	1½	2½	¾	5.74
66	S1266	14½	5.500	5.666	B	¾	1½	2½	¾	6.02
72	S1272	14½	6.000	6.166	B	¾	1½	2½	¾	7.02

Los engranes con ángulo de presión de 14½° no operan con engranes con ángulo de presión de 20°.

* Barreno máximo recomendado con cuñero y oprador.

• Consulta a [Fig. 2](#).

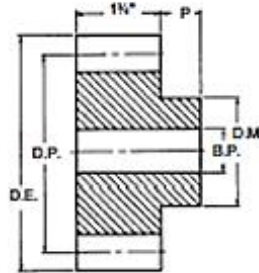
† Diámetro de paso alargado con forma especial del diente.



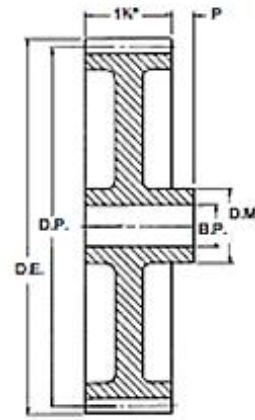
Tipo B₂
Con Alma y Barrenos de Aligeramiento



Tipo B₃
Con Alma Y Rayos



Tipo B



Tipo B₁, B₂, B₃

Hierro Fundido—Estilo "B"

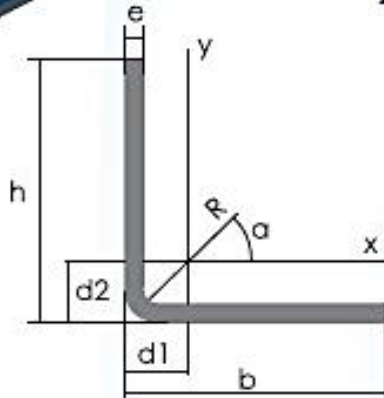
Número de Dientes	Número de Pasa	Ángulo de Presión	Diámetros		Tipo	Barreno (Pulg.)		Mód (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Pasa	Estanar		Plato	Máx.*	Diámetro	Prof.	
24	C524	14½	4.800	5.200	B	1¼	2¼	3¼	1¼	9.9
25	C525	14½	5.000	5.400	B	1¼	2¼	3¼	1¼	10.6
28	C528	14½	5.600	6.000	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	12.1
30	C530	14½	6.000	6.400	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	13.9
32	C532	14½	6.400	6.800	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	13.5
35	C535	14½	7.000	7.400	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	16.9
36	C536	14½	7.200	7.600	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	15.5
40	C540	14½	8.000	8.400	B ₁	1¼	2¼	3¼	1¼	17.4
45	C545	14½	9.000	9.400	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	20.3
48	C548	14½	9.600	10.000	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	25.2
50	C550	14½	10.000	10.400	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	23.7
54	C554	14½	10.800	11.200	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	25.1
55	C555	14½	11.000	11.400	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	26.0
60	C560	14½	12.000	12.400	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	30.8
64	C564	14½	12.800	13.200	B ₂	1¼	2¼	3¼	1¼	31.2
66	C566	14½	13.200	13.600	B	1¼	2¼	3¼	1¼	30.8
70	C570	14½	14.000	14.400	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	34.5
72	C572	14½	14.400	14.800	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	35.0
75	C575	14½	15.000	15.400	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	36.7
80	C580	14½	16.000	16.400	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	40.9
84	C584	14½	16.800	17.200	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	40.0
90	C590	14½	18.000	18.400	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	45.4
96	C596	14½	19.200	19.600	B ₂	1¼	2¼	4	1¼	48.6
100	C5100	14½	20.000	20.400	B ₂	1¼	2¼	4½	1½	54.4
120	C5120	14½	24.000	24.400	B ₂	1¼	2¼	4½	1½	56.1
130	C5130	14½	26.000	26.400	B ₂	1¼	2¼	4½	1½	70.2

Los engranes con ángulo de presión de 14½° no operan con engranes con ángulo de presión de 20°.

- * Barreno máximo recomendado con cuñero y oprimor.
- Para información de grandes cantidades de tamaños descontinuados de hierro fundido, contacto a la fábrica **ASA** más cercana.

ANEXO VIII. ELEMENTOS PARA ESTRUCTURA DE LA CORTADORA

PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO



Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,0m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5mm hasta 12,0mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

PERFILES

Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo α	Ángulos de alas iguales											
									Eje X-X			Eje Y-Y			Eje U-U			Eje V-V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm									
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,28	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,48	0,94	1,00	0,48	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,08	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,85	2,10	0,95	0,95	45,00	1,78	0,88	0,91	1,78	0,88	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,58	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,80	3,70	1,45	1,45	45,00	8,01	2,54	1,56	8,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	18,33	4,55	1,87	18,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,48	3,03	9,36	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	8,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,89	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,08	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,08	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L 100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

ANEXO IX. ELEMENTOS PARA ESTRUCTURA DEL CILINDRO

PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "U"



Especificaciones Generales

Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6.00m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta

PERFILES

Designación	Dimensiones (mm)			Masa Kglm	A cm2	d1 cm	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro	
	h	b	a				Ix	Iy	Wx	Wy	Ix	Iy
	mm	mm	mm				cm4	cm4	cm3	cm3	cm	cm
C 50 x 25 x 2	50	25	2	1,45	1,87	0,72	7,06	1,13	2,83	0,63	1,94	0,72
C 50 x 25 x 3	50	25	3	2,09	2,7	0,77	9,7	1,57	3,88	0,91	1,89	0,76
C 60 x 30 x 2	60	30	2	1,77	2,26	0,85	12,5	2,00	4,16	0,93	2,35	0,94
C 60 x 30 x 3	60	30	3	2,56	3,3	0,89	17,5	2,84	5,85	1,34	2,31	0,93
C 60 x 30 x 4	60	30	4	3,30	4,2	0,95	21,1	3,51	7,03	1,72	2,24	0,91
C 80 x 40 x 2	80	40	2	2,40	3,07	1,09	30,8	4,89	7,71	1,68	3,17	1,26
C 80 x 40 x 3	80	40	3	3,51	4,5	1,14	43,9	7,01	11	2,45	3,12	1,25
C 80 x 40 x 4	80	40	4	4,56	5,87	1,19	55,4	8,92	13,9	3,17	3,07	1,23
C 80 x 40 x 5	80	40	5	5,55	7,18	1,23	65,49	10,62	16,37	3,83	3,02	1,21
C 80 x 40 x 6	80	40	6	6,49	8,42	1,28	74,18	12,1	18,54	4,44	2,96	1,19
C 100 x 50 x 2	100	50	2	3,02	3,87	1,34	61,5	9,72	12,3	2,66	3,99	1,58
C 100 x 50 x 3	100	50	3	4,45	5,7	1,39	88,5	14,1	17,7	3,89	3,94	1,57
C 100 x 50 x 4	100	50	4	5,81	7,47	1,44	113	18,1	22,6	5,07	3,89	1,56
C 100 x 50 x 5	100	50	5	7,12	9,18	1,48	135	21,8	27,1	6,19	3,84	1,54
C 100 x 50 x 6	100	50	6	8,37	10,82	1,53	115,3	25,14	31,05	7,24	3,79	1,52
C 100 x 60 x 4	100	60	4	6,44	8,13	1,66	128	29,7	25,6	7,17	3,97	1,91
C 100 x 60 x 5	100	60	5	7,91	9,95	1,92	152	35,7	30,5	8,76	3,91	1,9
C 100 x 60 x 6	100	60	6	9,31	12,02	1,93	181,8	42,25	36,36	10,38	3,89	1,87
C 100 x 60 x 8	100	60	8	11,95	15,5	2,06	222,6	52,47	44,52	13,32	3,78	1,83
C 125 x 50 x 2	125	50	2	3,42	4,37	1,2	103	10,4	16,5	2,74	4,86	1,54
C 125 x 50 x 3	125	50	3	5,04	6,45	1,24	149	15,1	23,9	4,02	4,81	1,53
C 125 x 50 x 4	125	50	4	6,60	8,47	1,29	192	19,4	30,7	5,24	4,76	1,51
C 125 x 50 x 5	125	50	5	8,10	10,4	1,34	231	23,4	37	6,4	4,71	1,5
C 125 x 50 x 6	125	50	6	9,55	12,32	1,38	266	27,19	42,67	7,51	4,65	1,48
C 125 x 60 x 5	125	60	5	8,89	11,43	1,7	267	39,36	42,71	9,15	4,83	1,86
C 125 x 60 x 6	125	60	6	10,49	13,52	1,75	309,3	45,83	49,48	10,78	4,78	1,84
C 125 x 60 x 8	125	60	8	13,52	17,5	1,81	383,3	57,3	61,33	13,94	4,68	1,8
C 125 x 80 x 6	125	80	6	12,37	15,92	2,61	394,3	102,9	63,08	19,1	4,97	2,54
C 125 x 80 x 8	125	80	8	16,03	20,69	2,64	493	130,3	78,88	24,3	4,88	2,5
C 125 x 80 x 10	150	80	10	19,45	25,21	2,74	576,6	154,2	92,25	29,31	4,78	2,47
C 150 x 50 x 2	150	50	2	3,81	4,87	1,09	138	10,9	21,1	2,8	5,71	1,5
C 150 x 50 x 3	150	50	3	5,62	7,2	1,13	230	15,9	30,7	4,11	5,65	1,49
C 150 x 50 x 4	150	50	4	7,38	9,47	1,17	297	20,5	39,6	5,36	5,6	1,47
C 150 x 50 x 5	150	50	5	9,08	11,7	1,22	359	24,8	47,9	6,65	5,55	1,46
C 150 x 50 x 6	150	50	6	10,72	13,82	1,26	416,7	28,8	55,55	7,7	5,49	1,44
C 150 x 60 x 5	150	60	5	9,87	12,68	1,56	411,9	41,72	54,91	9,4	5,7	1,81
C 150 x 60 x 6	150	60	6	11,67	15,02	1,6	478,9	48,7	63,85	11,07	5,64	1,8
C 150 x 60 x 8	150	60	8	15,09	19,5	1,74	598,7	61,15	79,83	14,35	5,54	1,77
C 150 x 80 x 6	150	80	6	13,55	17,42	2,43	603,4	108,9	80,45	19,73	5,88	2,51
C 150 x 80 x 8	150	80	8	17,60	22,69	2,44	760,2	139,5	101,4	25,09	5,78	2,47
C 150 x 80 x 10	150	80	10	21,42	27,71	2,54	896,3	165,9	119,5	30,37	5,68	2,44
C 150 x 80 x 12	150	80	12	25,00	32,47	2,64	1013	189,3	135,1	35,31	5,59	2,41

ANEXO X. ELEMENTO PARA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA



TUBO ESTRUCTURAL REDONDO



Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 7/8" hasta 3"
Espesor	Desde 1.50 mm a 3.00 mm

TUBERIA



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	I
Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
7/8"	1,50	0,77	0,98	0,53	0,47	0,73
1"	1,50	0,88	1,13	0,81	0,64	0,85
1 1/4"	1,50	1,12	1,43	1,63	1,03	1,07
1 1/2"	1,50	1,36	1,72	2,89	1,52	1,30
1 3/4"	1,50	1,59	2,02	4,67	2,10	1,52
2"	1,50	1,82	2,32	7,06	2,78	1,74
2 1/2"	1,50	2,29	2,92	14,06	4,42	2,19
3"	1,50	2,76	3,52	24,56	6,45	2,64
1"	2,00	1,15	1,47	1,01	0,80	0,83
1 1/4"	2,00	1,47	1,87	2,08	1,31	1,05
1 1/2"	2,00	1,78	2,27	3,71	1,95	1,29
1 3/4"	2,00	2,09	2,67	6,02	2,71	1,50
2"	2,00	2,41	3,07	9,14	3,60	1,73
2 1/2"	2,00	3,03	3,86	18,29	5,76	2,18
3"	2,00	3,66	4,66	32,11	8,43	2,62
2"	3,00	3,64	4,51	12,82	5,09	1,89
2 1/2"	3,00	4,48	5,70	26,15	8,24	2,14
3"	3,00	5,42	6,90	46,29	12,15	2,59

ANEXO XI. DETALLE DE LOS COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

COSTOS DIRECTOS

A. Costos de materiales

En la tabla A.1 se aprecia los costos de los materiales que se emplearán en la construcción de la máquina extrusora de ladrillos.

Tabla A.1. Costo de materiales

RUBRO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/ UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Perfil estructural 75x40x25	3.86	m	17,50	17,50
Perfil estructural L 40X40X4	1.51	m	13,75	13,75
Tubería 40	0.48	m	12,50	12,50
Tubería 33.7x3	1.84	m	6,75	6,75
Perfil estructural L 50x4	2	m	9,50	9,50
Tubo estructural redondo 12pulg	1	m	45,25	45,25
Engranaje Recto Z90	1	m	115,00	115,00
Engranaje Recto Z19	1	m	75,00	75,00
Eje	1	m	14,00	14,00
Perfil C 100x40	1	m	15,25	15,25
Perfil L 40x3	1	m	10,75	10,75
Perfil L 20x2	1	m	9,50	9,50
Perfil 40x30x3	1	m	11,60	11,60
Rodillo	1	m	8	8
Chumacera UCP 208 208-24	4	m	19,60	78.4
Plancha de Anti abrasiva	1	m	110	110
Pernos 1/2x11/2	10	c/u	0,25	2.50
Electrodos	5	Lb	1,80	9
Pintura	3	Lt	3,75	11.25
SUBTOTAL				575,50

B. Costos de elementos para el accionamiento de la máquina

En la tabla B.1 se detalla el precio elemento principal de accionamiento de la máquina.

Tabla B.1 Costo de elemento de accionamiento

RUBRO	DIMENSIÓN	UNIDAD	COSTO/UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Motor NISSAN 175	Combustión interna	c/u	1800	1800

C. Costos por utilización de equipos

En la tabla C.1 se aprecia los costos por la utilización de maquinaria en el proceso de la construcción de la máquina extrusora de ladrillos.

Tabla C.1 Costos de equipos

MÁQUINA	HORAS EMPLEADAS	COSTO /HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Suelda	12	7,00	84,00
Taladro	5	2,00	10,00
Torno	1	7,00	7,00
Llaves	3	0,50	1,50
Moladora	10	4,00	40,00
Pulidora	6	3,00	18,00
SUBTOTAL			160,50

D. Costo de elementos de seguridad

En la tabla D.1 se aprecia los costos por la utilización de implementos de seguridad.

Tabla D.1 Costo de implementos de seguridad

IMPLEMENTO	CANTIDAD	COSTO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Overol	2	---	---
Casco	2	5,00	10,00
Tapones de oído	2	1,50	3,00
Guantes	2	3,00	6,00
Gafas	2	1,50	3,00
Mascarillas	2	0,50	1,00
SUBTOTAL			23,00

E. Costo de mano de obra

En la tabla E.1 podemos observar los costos por mano de obra en realizar la construcción de la máquina extrusora de ladrillos.

Tabla E.1 Costos de mano de obra

OPERARIO	CARGO	TIEMPO(H)	COSTO/ HORA(\$)	COSTO TOTAL(\$)
1	Técnico Industrial	30	3,00	90,00
2	Ayudante	30	2,00	60,00
SUBTOTAL				150,00

F. Consumo combustible

Se debe considerar que el costo de operación es la cantidad de combustible que consume la máquina trilladora de amaranto, en la tabla F.1 se detalla el consumo de combustible.

Tabla F.1 Costo de combustible

DETALLE	CAPACIDAD DEL TANQUE(Lt)	HORAS DE TRABAJO AL MES	LITROS AL MES	COSTO TOTAL(\$)
Motor	3,1	40	124	41,6

COSTOS INDIRECTOS

G. Costos de transporte

En la tabla G.1 representa la movilización interna y fuera de la ciudad.

Tabla G.1 Costos de transporte

TRANSPORTE	COSTO TOTAL (\$)
Transporte al interno de la provincia	20,00
Transporte fuera de provincia	20,00
SUBTOTAL	40,00

H. Costos de alimentación

En la tabla F.1 representa la movilización interna y fuera de la ciudad.

Tabla F.1 Costos de alimentación

ALIMENTACIÓN	COSTO TOTAL (\$)
Desayunos	10,00
Almuerzos	10,00
SUBTOTAL	20,00

ANEXO XII. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA EXTRUSORA DE LADRILLOS

DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN

1 SISTEMA ACCIONAMIENTO

De acuerdo a los factores de selección para el accionamiento de la máquina extrusora se optó por un motor de combustión interna.



Figura 1. Motor de combustión interna

2 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La tolva es el elemento que se encarga de alimentar a la máquina de materia prima y se construyó con las medidas establecidas en la parte del diseño, para ello se utilizó una plancha anti abrasiva.



Figura 2. Plancha anti abrasiva



Figura 3. Proceso de corte plancha anti abrasiva



Figura 4. Montaje del sistema de abastecimiento (tolva)

3 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA

Para la elaboración de la estructura de la máquina se procede al corte de cada uno de los elementos requeridos, tomando en cuenta las medidas establecidas en los planos.



Figura 5. Corte de las correas para la estructura



Figura 6. Elementos de la estructura

De la misma manera se realiza el proceso de corte para los ángulos que integran la estructura de la máquina.



Figura 7. Corte de los perfiles para la estructura



Figura 8. Elementos de la estructura

Posteriormente se realizó el acople de cada uno de los elementos obtenidos, mediante el proceso de soldadura.



Figura 9. Acople de elementos de la estructura



Figura 10. Estructura de la máquina extrusora

4 SISTEMA DE EXTRUSIÓN

Construcción del tornillo extrusor

Para la fabricación del tornillo extrusor se utilizó una forma artesanal de construcción, en la cual se

emplearon hojas de amortiguadores y varillas que serán montadas mediante el proceso de soldadura a un eje.



Figura 11. Eje del tornillo extrusor

De acuerdo a las medidas ya establecidas en el diseño del tornillo extrusor se procede a cortar las hojas de amortiguadores y varilla (1 pulg) requeridas para su respectivo acople en el eje.



Figura 12. Proceso de soldadura a elementos del tornillo



Figura 13. Proceso de soldadura a elementos del tornillo

Una vez acopladas las hojas de amortiguadores y varilla (1 pulg) al eje, se procede a la construcción de los filetes del tornillo mediante el empleo de varilla de menor diámetro (12 mm) que será acoplada al segmento de la hoja y varilla, mismas que servirán como base para dar forma al filete tomando en cuenta las medidas definidas en el diseño del tornillo.



Figura 14. Construcción del filete

Para obtener un mejor resultado en la forma del filete; el calentar la varilla (12 mm) con el proceso de soldadura mejora la manipulación de la misma y facilita el desarrollo en la construcción del tornillo extrusor.



Figura 15. Manipulación de la varilla



Figura 16. Primer filete

Este proceso con varilla (12 mm) se realizó varias veces hasta obtener el diámetro del torillo establecido en el diseño.



Figura 17. Resultado del primer filete

Una vez terminado el proceso se puede visualizar el tornillo extrusor en su etapa final.



Figura 18. Tornillo extrusor

Montaje del cilindro extrusor



Figura 19. Cilindro extrusor

Construcción de la boquilla de extrusión

Para el desarrollo de la boquilla se utilizó una plancha anti abrasiva que se cortó tomando en cuenta las dimensiones establecidas en el diseño de la misma.



Figura 20. Corte de plancha anti abrasiva



Figura 21. Proceso de soldadura de elementos de la boquilla



Figura 22. Boquilla de extrusión



Figura 23. Montaje del engranaje (90 dientes)

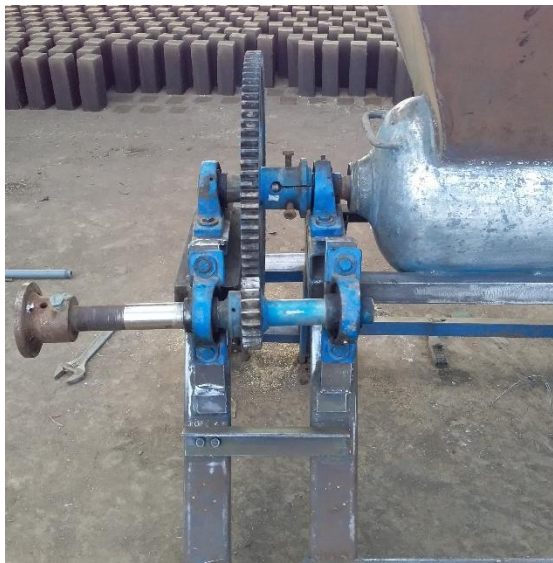


Figura 24. Montaje del engranaje (19 dientes)

En el sistema de corte se utilizó segmentos de plancha anti abrasiva que fueron sometidas a un proceso de corte de acuerdo a las dimensiones establecidas.



Figura 25. Corte de plancha anti abrasiva



Figura 26. Elementos de la cortadora



Figura 27. Elementos de la cortadora

Posteriormente se procedió a cortar y soldar pequeñas piezas de varilla que servirán como soporte para los segmentos de plancha anti abrasiva, ya que permitirán el libre desplazamiento de la palanca de corte.



Figura 28. Proceso de soldadura de la cortadora



Figura 29. Base de la cortadora

Palanca de corte

Para la elaboración de la palanca de corte se utilizó segmentos de varilla previamente cortados, que serán acoplados de forma que permita el fácil desplazamiento vertical al momento del corte.



Figura 30. Palanca de corte

Una vez terminado el proceso se puede visualizar el sistema de corte en su etapa final.



Figura 31. Sistema de corte

7

ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA EXTRUSORA



Figura 32. Máquina extrusora de ladrillos

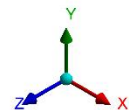
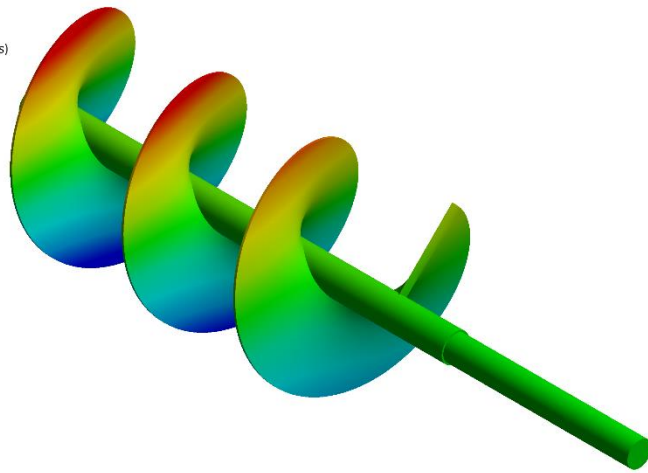
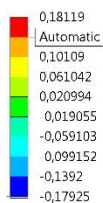
ANEXO XIII. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS DEL TORNILLO EXTRUSOR

A. Deformación tornillo de extrusión

En el presente punto se describen los resultados obtenidos mediante el ensayo por el metodo de elementos finitos FEM/FEA, el cual a sido aplicado al tornillo extrusor ya que este es el elemento principal de la máquina , siendo aquel que realiza el proceso de extrusión ejecutando asi el mayor esfuerzo a considerar, estos resultados nos muestran datos para el diseño de la máquina extrusora, y se presentan a continuación:

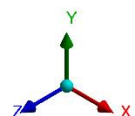
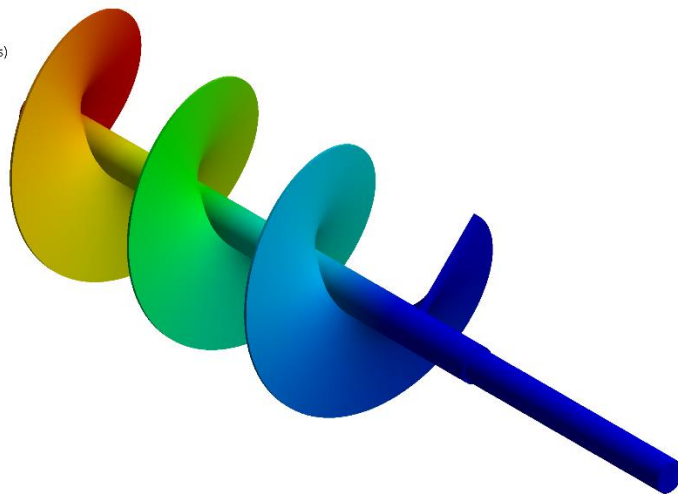
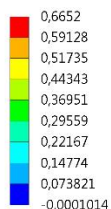
Deformación eje x

G: Static Structural
Directional Deformation
Type: Directional Deformation(X Axis)
Unit: mm
Global Coordinate System
Time: 1
Max: 0,18119
Min: -0,17925



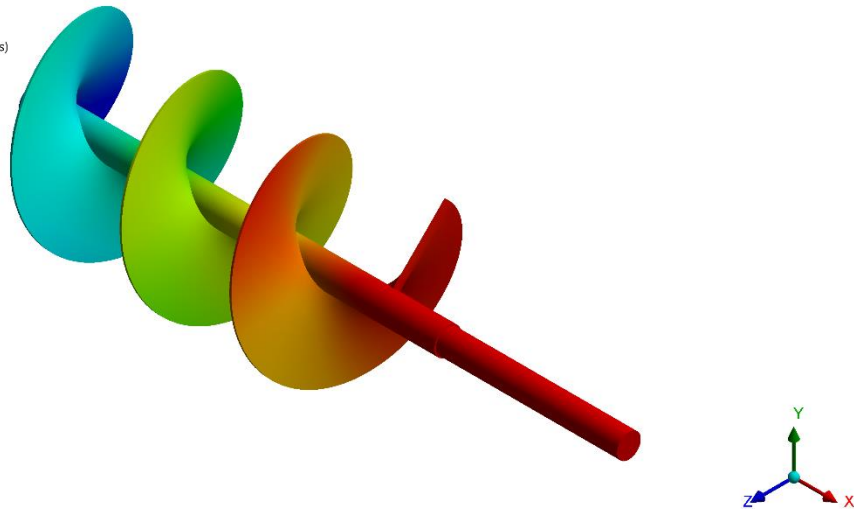
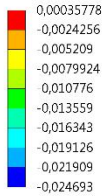
Deformación eje y

G: Static Structural
Directional Deformation 2
Type: Directional Deformation(Y Axis)
Unit: mm
Global Coordinate System
Time: 1
Max: 0,6652
Min: -0,0001014



Deformación eje z

G: Static Structural
Directional Deformation 3
Type: Directional Deformation(Z Axis)
Unit: mm
Global Coordinate System
Time: 1
Max: 0,00035778
Min: -0,024693

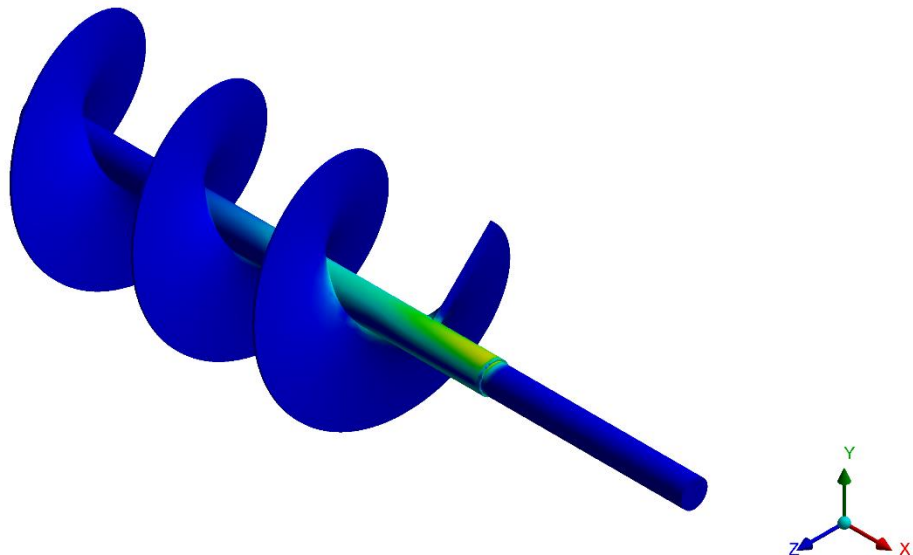
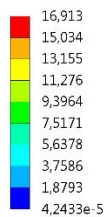


B. Esfuerzos tornillo de extrusión

Se ha realizado un análisis de los principales esfuerzos que actúan sobre el tornillo, ya que este es aquel que genera presión en la arcilla para ejecutar el proceso de extrusión, obteniendo los siguientes resultados:

Esfuerzo máximo a corte

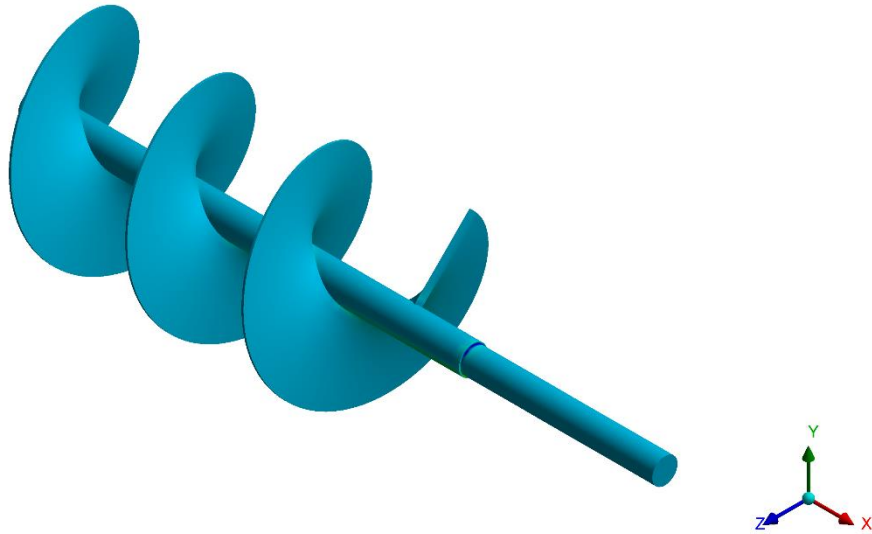
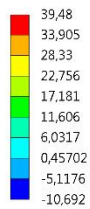
G: Static Structural
Maximum Shear Stress
Type: Maximum Shear Stress
Unit: MPa
Time: 1
Max: 16,913
Min: 4,2433e-5



El tornillo tiene un esfuerzo máximo a corte de 16,913 MPa, siendo 1100 MPa el esfuerzo máximo a corte que soporta el acero AISI 4340, cumpliendo con esta manera con los parámetros requeridos para los esfuerzos máximos de corte.

Esfuerzo máximo principal

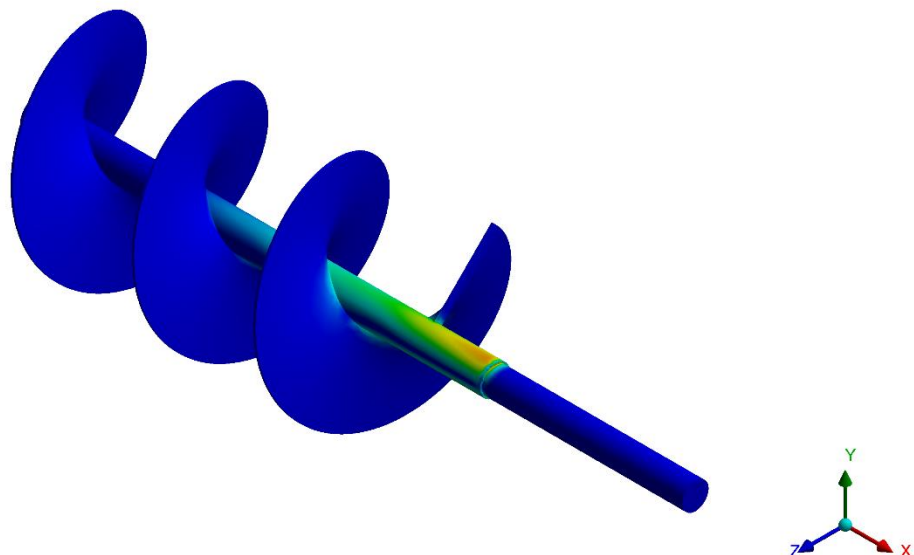
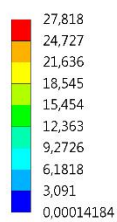
G: Static Structural
Maximum Principal Stress
Type: Maximum Principal Stress
Unit: MPa
Time: 1
Max: 39,48
Min: -10,692



El tornillo tiene un esfuerzo máximo principal de 16,913 MPa, siendo 900 MPa el esfuerzo máximo que soporta el acero AISI 4340, cumpliendo con esta manera con las condiciones requeridas para los esfuerzos de deformación.

Esfuerzo de Von Mises

G: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
Custom
Max: 30,082
Min: 7,4027e-5

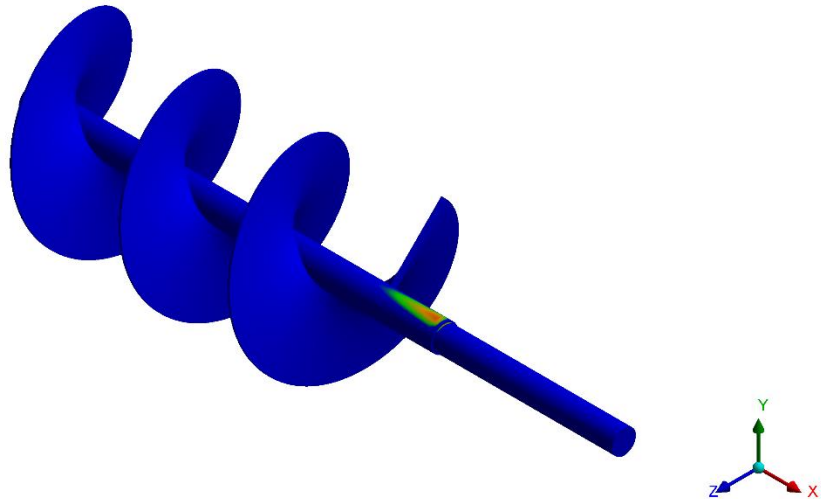


Factor de seguridad

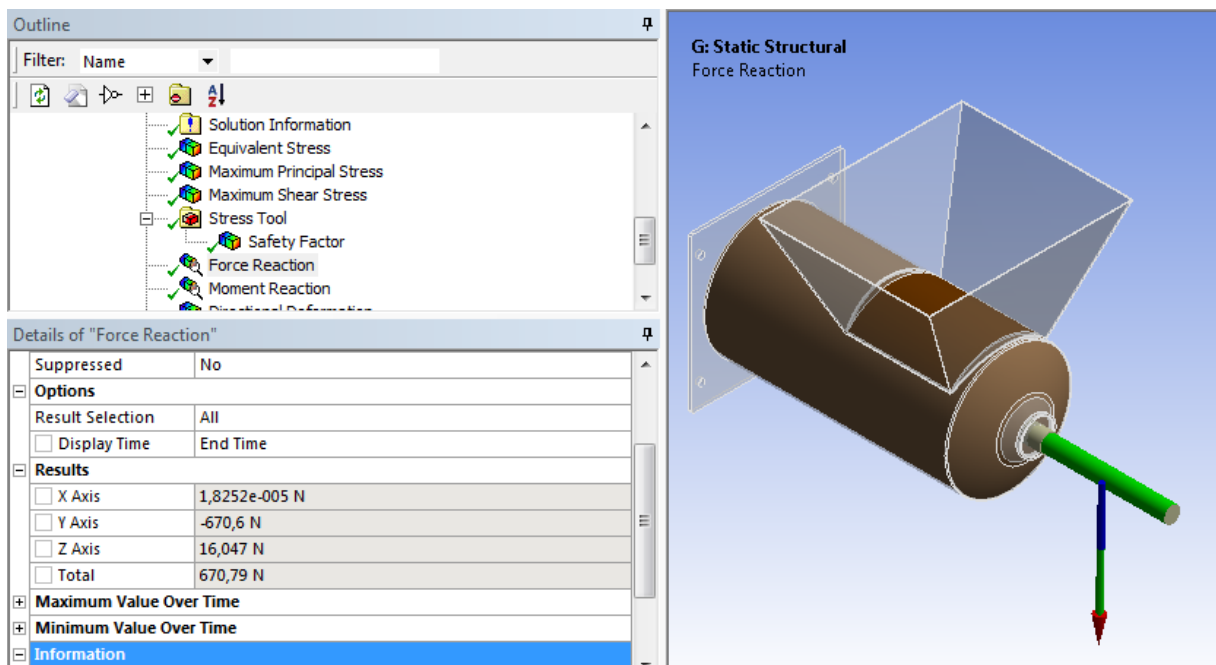
Se tiene un factor de seguridad mínimo de 8,3106 en la base inicial del tornillo. mientras que, en la zona de las hélices del tornillo y la mayor parte del eje se tiene un factor de seguridad de 15, es decir que se garantiza la vida útil del elemento durante su uso.

G: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
Custom Obsolete
Max: 15
Min: 8,3106

15
13,497
11,994
10,49
8,9871



Fuerza de reacción en el eje

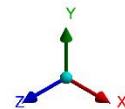
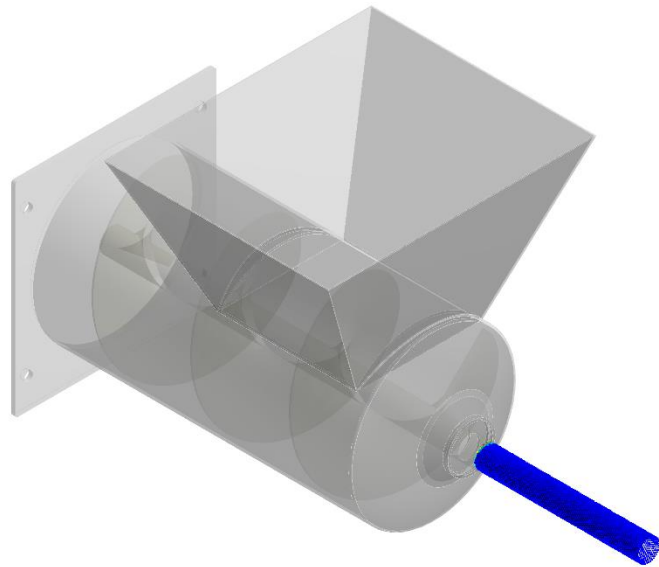
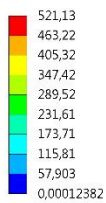


C. Fuerza total del eje

Se tiene una fuerza total máxima de 521.13 N que actúa en la zona del tornillo extrusor que nos permite romper el momento de inercia de la masa y a su vez desplazar el material a través del cilindro, por medio de las hélices.

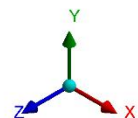
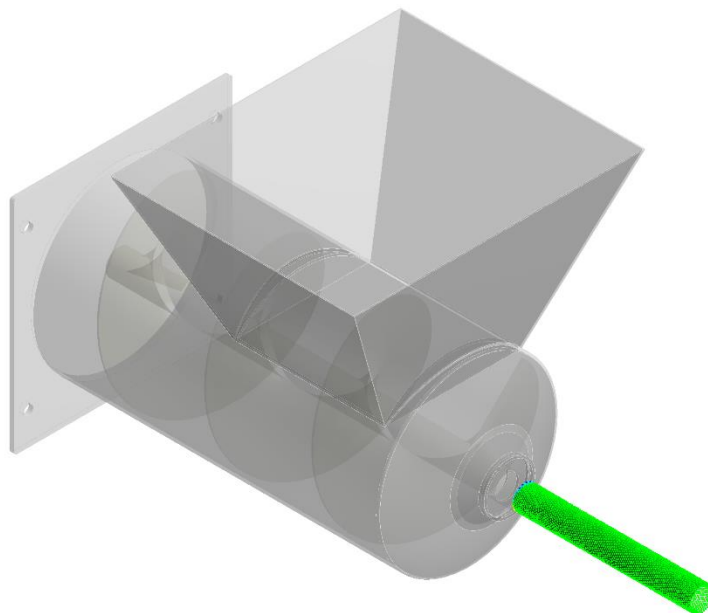
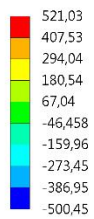
Fuerza total

G: Static Structural
FSUM
Expression: FSUM
Unit: N
Time: 1
Max: 521,13
Min: 0,00012382



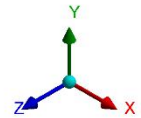
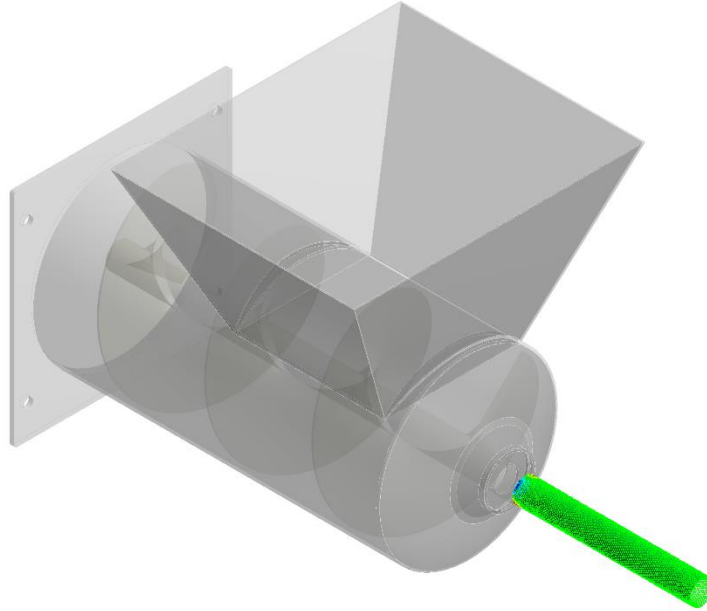
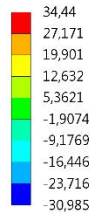
Fuerza en x del eje

G: Static Structural
FX
Expression: FX
Unit: N
Time: 1
Max: 521,03
Min: -500,45



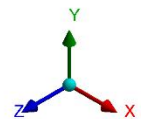
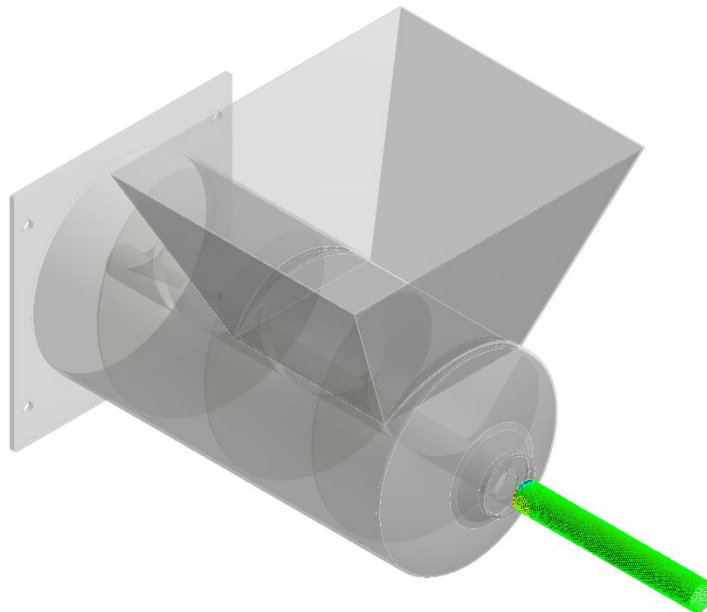
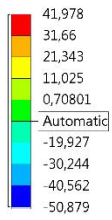
Fuerza en y del eje

G: Static Structural
FZ
Expression: FZ
Unit: N
Time: 1
Max: 34,44
Min: -30,985



Fuerza en z del eje

G: Static Structural
FY
Expression: FY
Unit: N
Time: 1
Max: 41,978
Min: -50,879



Momento en el eje

Outline

Filter: Name

- Solution Information
- Equivalent Stress
- Maximum Principal Stress
- Maximum Shear Stress
- Stress Tool
- Safety Factor
- Force Reaction
- Moment Reaction
- Reaction Deformation

Details of "Moment Reaction"

Boundary Condition	Cylindrical Support
Orientation	Global Coordinate System
Summation	Centroid
Suppressed	No
Options	
Result Selection	All
<input type="checkbox"/> Display Time	End Time
Results	
<input type="checkbox"/> X Axis	-1,6221 N-m
<input type="checkbox"/> Y Axis	8,6101 N-m
<input type="checkbox"/> Z Axis	307,71 N-m
<input type="checkbox"/> Total	307,84 N-m

