

Diseño y Cálculo de una Máquina para Producir Briquetas de Urea.

Orlando D. Contreras Bernal.

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
ocontrer@espol.edu.ec

Marcelo Espinosa L. Ing.

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
mespino@espol.edu.ec

Resumen

Esta Tesis se desarrolló con el objetivo de producir briquetas que mejoren la aplicación de Urea y para cubrir la necesidad que se tiene en los cultivos de arroz.

En la actualidad la Urea es boleada sobre las plantaciones, este proceso causa un gran desperdicio por lo que se propone la aplicación de briquetas en los cultivos. Esto reducirá la gran cantidad de desperdicio y de esta manera su consumo será menor. Las briquetas serán fabricadas en una Briquetadora, que es el objetivo principal de esta tesis y es detallada a continuación:

Para empezar a diseñar; primero se investigó todo lo relacionado a los fundamentos teóricos de las Briquetadoras, materiales que serán transformado en briquetas y finalmente los parámetros principales que se usaron para empezar a diseñar la máquina.

Luego, se realizó el diseño de la máquina y el diseño de cada una de sus partes como: La estructura, los cilindros de Alveolos, tolva de alimentación, etc. Una vez diseñada la forma de la máquina, se procedió con el cálculo de los componentes como: Los engranajes de dientes rectos, los cilindros de Alveolos, los ejes de los cilindros, etc. Con los resultados de los cálculos, se procedió con la selección de los accesorios tales como la polea motriz, la polea reductora de velocidad, bandas en V, las chumaceras, el motor, etc. Esto se realizó en base a tablas, catálogos de piezas mecánicas y la experiencia del autor de esta tesis, dando como resultado final los planos de cada una de las partes de la máquina para su construcción.

También, se desarrollo un programa de construcción. En este se incluyó un plan de trabajo y un diagrama de GANTT. Luego, de a cuerdo a los costos, se realizó un presupuesto estimado para la construcción de la máquina. Tomando en cuenta los materiales y accesorios que están disponible en el mercado. Finalmente, se plantean conclusiones y recomendaciones sobre este trabajo

Palabras Claves: *Diseño, Cálculos, Briquetadora y Briquetas.*

Abstract

This thesis was developed with the main objective to manufacture briquettes to improve the Urea application and to fill the necessity that the rice crops has.

Nowadays, the Urea is spread over the rice plantations; this process causes a huge waste. Therefore the application of briquettes in this soils of rice crops is proposed. This will reduce the big amount of waste, so in this way, its consumption will be reduce. The briquettes will be manufactured by a briquette machine, that is the main objective of this thesis and it is detailed as continues.

In order to start designing, first I searched for all the theoretical knowledge of the briquettes machine, then the materials that are going to be use into the briquettes and finally the main parameters to be used for starting design this machine.

Then, I made the machine's design and each one of its components like: structure, alveolus cylinders, the feeding's hopper, etc; once designed the machine's shape, I proceed with the calculation of components such as:

the straight teeth Gear, the alveolus cylinders, the cylinders shaft, etc. Also, with the calculations results, I proceed with the accessories selection; like the driving pulley, speed reducer pulley, V bands, bearings case, electrical motor, etc. These selections were carried out based on tables, mechanical pieces catalogues and the mine own experience, obtaining a final result. Then the blue print of the machine and the parts for its construction.

Also, a construction program was developed. In this program I included a process work plan and a GANTT plan. Then according the cost, I made an estimated budget for the machine's construction. Considering, special attention for all accessories and materials that are available in the local market. Finally, I approach conclusions and recommendations about this work.

1. Introducción

En el mercado industrial existen una gran variedad de máquinas Briquetadora, para diversos materiales, metálicos, no metálicos y en especial para alimentos de animales, etc., pero no hay para Fertilizantes; además teniendo en cuenta que este tipo de máquina no hay en nuestro mercado y no hay información de la misma; por tanto, se ha tenido que realizar una serie de ensayos para obtener datos que faciliten su diseño.

Esta máquina será diseñada para producir aproximadamente 4 qq/h que equivale a 48.000 briquetas/h, dichas briquetas tienen un diámetro de 19 mm y un peso de 3.75 gr. Con estas características de producción se estará satisfaciendo los requerimientos para una hectárea de arroz en una hora y media, es decir que en una hectárea se requieren 72.000 briquetas.

Esta máquina será diseñada para producir una fuerza mínima de compresión de 500 kgf para compactar la Urea y producir las briquetas; dicha fuerza la genera un motor eléctrico que la transmite a los engranes por medio de un Motor Reductor y de estos a los Cilindros de Alveolos que es donde se encuentran los moldes para producir las briquetas.

Los Cilindros Alveolos son alimentados por 2 alimentadores que regulan la caída del flujo de urea que se encuentra almacenada en la Tolva de alimentación, de esta manera caerá en los moldes la cantidad suficiente para que cada briqueta tenga una masa de 3.75 gr que es lo que se requiere.

2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es diseñar una máquina para producir briquetas de Urea, y cubrir la necesidad que se tiene en el mercado arrocero, a fin de reducir el desperdicio de Urea, reducir su consumo, y limitar la contaminación ambiental, mejorando la producción y los rendimientos financieros.

3. Metodología

1.- Investigar sobre los distintos modelos de máquinas Briquetadora para diversos materiales, y así tener una mejor idea de la máquina que se va a diseñar.

2.- Determinar los parámetros necesarios para el diseño: características físicas del material a briquetar (Urea), fuerza de compresión, producción por horas, forma de la briqueta, peso, etc.

3.- Realizar bosquejos de la máquina que se quiere diseñar.

4.- Realizar bosquejos de los componentes y partes de la máquina.

5.- Hacer los cálculos de los Cilindros Alveolos, determinando el diámetro de las briquetas y las dimensiones de los cilindros.

6.- Hacer los cálculos de los ejes de los Cilindros, determinando las dimensiones y el material apropiado para su construcción.

7.- Hacer los cálculos de los engranajes, determinando sus dimensiones y el material apropiado para su construcción.

8.- Hacer los cálculos de la velocidad del motor-reductor y de la potencia del motor

10.- Hacer los cálculos y la selección de los rodamientos y chumaceras.

11.- Hacer los cálculos de la soldadura que se va aplicar en toda la máquina.

12.- Realizar los planos generales de la máquina y los planos de detalles de sus partes con las medidas ya calculadas, dejando así listo los planos para su construcción.

3.1. Diseño de forma de la Briquetadora.

Aquí se debe realizar bosquejos y análisis de mecanismos o de máquinas que uno cree que puede satisfacer la necesidad para la que se está diseñando.

3.2. Diseño de forma de las partes de la Briquetadora.

Una vez bosquejada la Briquetadora, realizaremos el bosquejo de cada una de las partes que conforman

la máquina Briquetadora y estas son:

- Estructura.
- Cilindros Alveolos
- Eje de Cilindro principal
- Eje de Cilindro secundario
- Engranajes de Cilindros
- Engranajes de Cilindros con pin asegurador
- Engranajes de Alimentación
- Alimentadores y ejes
- Tolva de alimentación
- Cilindro Clasificador
- Sistema de Ajuste para Calibración de Cilindros
- Acoples.

3.3. Cálculos de los Cilindros Alveolos

Una vez realizado el diseño de forma de los Cilindros escogemos el material que para este caso será un Acero AISI 4340, ya que es un material resistente al desgaste, luego realizamos los cálculos para obtener sus dimensiones, teniendo como resultados un diámetro exterior de 28cm, ancho de 4.5 cm, agujeros de diámetro 1,9cm como se observa a continuación:

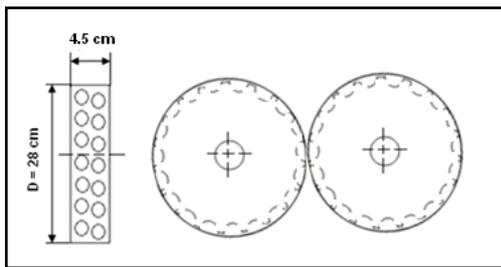


Figura 1. Cilindros Alveolos.

3.4. Cálculos de los Ejes de los Cilindros.

Los ejes de los Cilindros deben ser diseñados de tal manera que soporten la fuerza que realizan los engranes y la vibración que realizan los Cilindros en el momento de la compresión de la Urea, por eso se ha escogido un material resistente que es SAE 4140 que es apropiado para ejes que contienen engranajes, estos ejes tendrán la siguiente forma y dimensiones:

$L = 35\text{cm}$ y un diámetro $D = 5\text{cm}$ y su forma es como se muestra en el gráfico:

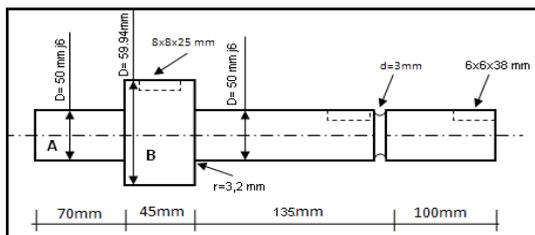


Figura 2. Ejes de los Cilindros Alveolos.

3.5. Cálculo de los engranajes de dientes rectos de Cilindro de Alveolos.

Los cilindros necesitan de una fuerza para poder compactar la Urea y esta fuerza es obtenida de los engranajes, de los cuales se calcula y se obtiene las siguientes dimensiones según la norma AGMA:

$$D_{pg} = 28\text{cm}$$

$$L = 2.54\text{cm}$$

$$m = 3$$

$$N_g = 93 \text{ dientes.}$$

Material: Acero AISI 4340 con tratamiento térmico.

3.6. Cálculo de los engranajes de dientes rectos del Alimentador.

Estos engranajes transmiten la fuerza para que se alimente de urea la Briquetadora y poder compactarla y estos engranes también se los calcula según la norma AGMA y se obtienen las siguientes dimensiones:

$$D_p = 6.9\text{cm}$$

$$L = 2.54\text{cm}$$

$$m = 3$$

$$N_g = 23 \text{ dientes.}$$

Material: Acero AISI 4340 con tratamiento térmico.

3.7. Cálculos de la velocidad y selección del motor-reductor.

Para el cálculo de la velocidad del reductor de velocidad se ha hecho referencia a los catálogos de los distintos fabricantes que existen en nuestro mercado, obteniendo así los siguientes resultados:

$$i = 60 \text{ (relación de velocidad)}$$

$$n_1 = 600 \text{ rpm (entrada)}$$

$$n_2 = 10 \text{ rpm (salida)}$$

Una vez calculado las velocidades procedemos a la selección del reductor de velocidad. Para dicha selección primero tenemos que calcular la Potencia real del reductor y esto se lo hace multiplicando la potencia del motor por un factor de corrección de potencia que es $K = 1.25$, obteniendo así mi potencia real que debe tener el reductor y es 3.75 Hp; entonces con estos datos vamos al catálogo STOBBER y selecciono el reductor de doble eje con 1100 rpm de entrada, 11 rpm de salida y con 4 Hp de potencia se lo denomina con el código de eje AW256/102, es el reductor que tiene las características más similares a las que necesitamos.

3.8. Cálculos de la Potencia y selección del motor.

Con los cálculos que se han realizado tenemos la velocidad angular que requiere el eje de los Cilindros y la potencia para mover los engranes y obtener la fuerza para briquetar, entonces a continuación se

calcula la potencia que se requiere que sería la potencia del motor.

$$Pot = \frac{V \times Ft}{33000}$$

Con esta fórmula obtenemos una potencia igual a 1.8 Hp, pero esa potencia es teórica la cual para encontrar la verdadera potencia necesaria tenemos que multiplicar la potencia teórica por un factor de corrección de potencia, que en este caso es $K=1.5$, lo que nos da una potencia de 2.7 Hp, pero como en los catálogos no hay esta potencia, la aproximamos a 3Hp y esta sería la potencia real del motor. Con la potencia y con los rpm seleccionamos el motor en el catálogo de motores SIEMENS y escogemos un Motor Trifásico Nema, con 1800 rpm y de modelo 1LA01824YK30.

3.9. Cálculos y selección de los rodamientos y chumaceras.

Se realizan los cálculos para encontrar las fuerzas que actúan en los rodamientos obteniendo cargas radiales aproximadas de 1000 y 20000 N, con estas carga selecciono los rodamientos obteniendo los siguientes rodamientos: Rodamiento de rodillos cilíndricos NU1010 y NU210, respectivamente.

Las chumaceras se las selecciona con el diámetro del eje en este caso de 5cm obteniendo las siguientes

chumaceras: N° UCPG210D1; tanto los rodamientos como las chumaceras fueron seleccionadas de los catálogos de los rodamientos NTN.

3.10. Cálculos de soldadura.

Para el cálculo de la soldadura se ha considerado la parte más crítica, donde se realizará grandes esfuerzos en la soldadura y ésta es en los Acoples. Principalmente se realiza el cálculo de los esfuerzos que se produce por el momento que generan los engranajes y finalmente se calcula la altura del cordón de soldadura que se debe emplear para que resista y no falle, obteniendo así una altura aproximada $h = 7/16$ in. Como el material de los acoples es un acero ASTM A36, la soldadura a emplear será electrodos E 7018.

3.11. Realizar los planos de la máquina.

Se realizaron los planos respectivos de la Briquetadora tanto de sus partes como los planos generales, con los cuales se podrá construir y ensamblar esta máquina. En la figura 3, podremos observar el plano general de la Briquetadora donde se detallan todas sus partes.

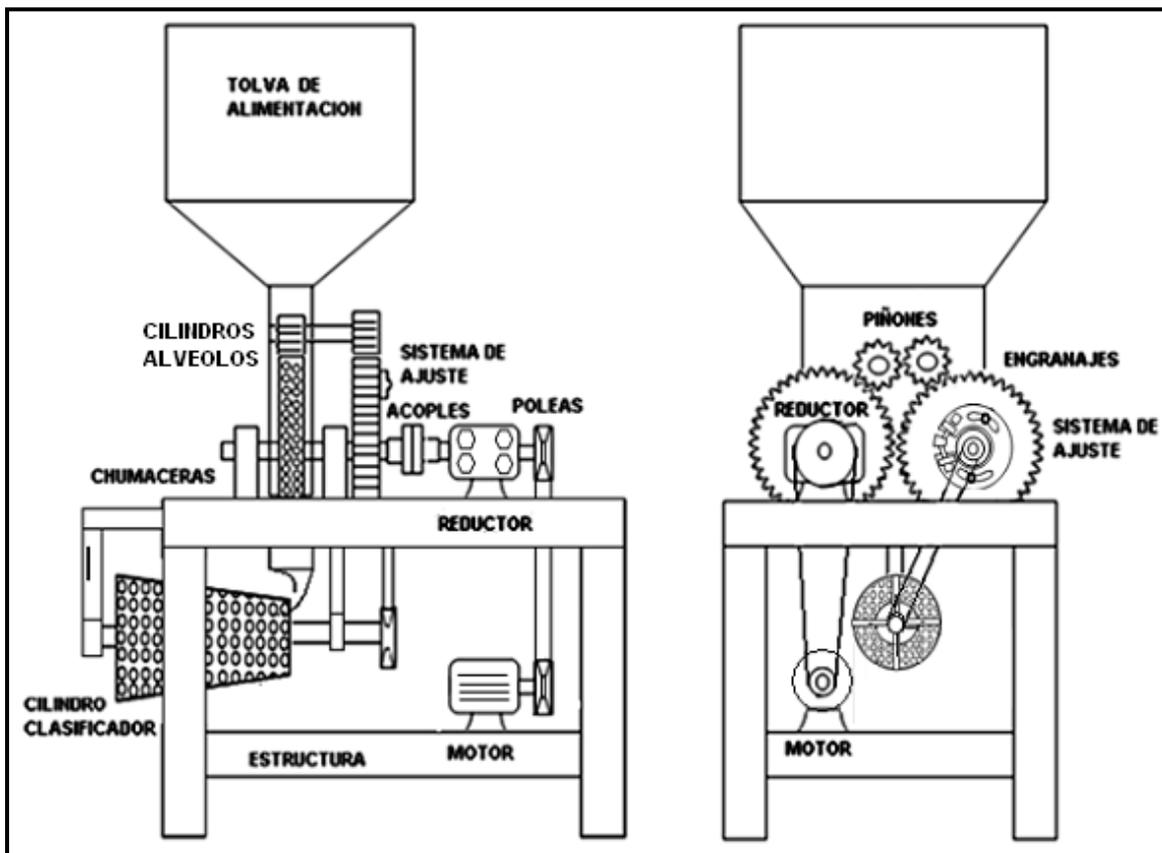


Figura 3. Plano general de la Briquetadora.

3.12. Elaboración de un plan de trabajo para la construcción de la Briquetadora.

Para la construcción de la Briquetadora se realiza un plan de trabajo en el que se especifica el trabajo que se realizará en las diferentes partes y el tiempo de ejecución de las mismas, teniendo así el tiempo total en que será construida la máquina.

Para elaborar este plan de trabajo primero tenemos que especificar las partes de la máquina que se van a construir, los diferentes trabajos que se deben realizar como la adquisición de materiales y accesorios así como el montaje de la máquina, el cual lo detallamos de la siguiente manera:

a) Adquisición de materiales y accesorios.

Los diferentes materiales y accesorios se los adquieren escogiendo de las cotizaciones que se han hecho a los distintos proveedores y fabricantes existentes en el mercado, el tiempo estimado de compra es de 24 horas.

b) Construcción de la Estructura:

Será construida de perfil L 3x3x1/4in x 6m ya que este es el perfil que se encuentra en el mercado, se debe cortar los perfiles a las medidas indicadas, para que la estructura tenga las dimensiones especificadas en los planos, luego se procede a armar la estructura de tal manera que quede a escuadra y se la soldará con un proceso SMAW con electrodo E 7018 de 1/8in de diámetro, el tiempo estimado de construcción es de 8 horas.

c) Construcción de los Cilindros Alveolos.

Los dos cilindros serán construidos de acero SAE 4340 que es un material resistente al desgaste, en los cuales se comprime la Urea y tienen 80 agujeros cada cilindro de 19mm de diámetro, los mismos que serán construidos en una máquina fresadora de tal manera que los agujeros salgan en la posición especificada en los planos, el tiempo estimado de construcción es de 32 horas.

d) Construcción de los Engranajes de Cilindros.

Estos dos engranajes serán construidos de acero SAE 4340, los cuales tendrán 93 dientes rectos cada uno, también se mecanizará un agujero y un chavetero en el centro de los engranajes para sujetar al eje de cilindro. Después de la construcción se realizará un tratamiento térmico de tal manera que obtengan la dureza requerida, el tiempo estimado para la construcción es de 40 horas y del tratamiento térmico es 8 horas.

e) Construcción de los Engranajes de Alimentación

Estos dos engranajes (piñones) serán construidos de acero SAE 4340, los cuales tendrán 23 dientes rectos cada uno, también se mecanizará un agujero y

un chavetero en el centro de los piñones para sujetar al eje que contiene a los alimentadores, además de la construcción se realizará un tratamiento térmico al engranaje de tal manera que obtenga la dureza requerida, el tiempo estimado para la construcción es de 16 horas y del tratamiento térmico es 6 horas.

f) Construcción de los Ejes de Cilindros

Los dos ejes serán construidos de acero SAE 4140, a los cuales se los mecanizará con sus respectivos chaveteros dando la forma y las medidas especificadas en los planos, el tiempo estimado para la construcción es de 16 horas.

g) Construcción de la Tolva de alimentación

La tolva será construida de una plancha de acero galvanizado de 2 mm de espesor, la misma que será cortada de tal forma que cumpla con las medidas de los planos, después se armará y se soldará con electrodo E 6011 de 1/16in de espesor, el tiempo estimado para la construcción es de 8 horas.

h) Construcción del Cilindro Clasificador

En esta parte de la máquina se tendrá que desarrollar un cono truncado para luego rolar la malla dando la forma del cono truncado y se debe soldar al eje con unas patinas, el mismo que será sujeto en los extremos por chumaceras. El tiempo estimado de construcción es de 12 horas.

i) Construcción del Sistema de Ajuste para Calibración de Cilindros

En este se tiene que cortar la plancha al diámetro indicado, luego hacer los agujeros para que se deslicen los pernos sujetadores, también el agujero por donde pasa el eje y después se construyen las bases donde van roscadas los pernos de calibración, dichas bases deben ser soldadas a la plancha como se indica en los planos. El tiempo estimado de construcción es de 6 horas.

j) Construcción de los Acoples

Estos constan de dos partes de un bocín y de una brida que serán mecanizadas y después soldadas con soldadura SMAW E 7018, dando las dimensiones que dicen los planos, el tiempo estimado es de 12 horas.

k) Montaje.

Debido a que la máquina es de dimensiones pequeñas, se la puede armar en el mismo taller de construcción y después transportarla al lugar de trabajo. Este montaje se lo realizará de la siguiente manera:

* Sujetar las chumaceras que sostendrán a los ejes de cilindros en la estructura.

- * Colocar los ejes en los cilindros y después en las chumaceras con los respectivos rodamientos.
- * Colocar los engranajes en los ejes de cilindros con sus respectivos seguros.
- * Colocar el sistema de calibración en el engranaje.
- * Colocar los piñones de alimentación.
- * Montar la tolva de alimentación.
- * Acoplar el eje de cilindro con el reductor de velocidad.
- * Conectar el reductor con el motor y alinear el mismo con las poleas y banda correspondiente.
- * Alinear los cilindros de tal forma que los agujeros del cilindro coincidan.
- * Colocar el cilindro clasificador con las poleas y banda correspondiente.

* Chequear que todos los pernos estén bien sujetos y que todas las piezas estén completas.

* Finalmente poner en marcha a la máquina y chequear que todo esté trabajando con normalidad.

El tiempo de trabajo estimado para este montaje es de 8 horas.

3.13. Construcción del Diagrama de GANTT

Este Diagrama es realizado con la ayuda del Programa WINPROJECT en el que se detallan las tareas y actividades que se van a realizar durante la construcción y finalmente con este diagrama se podrá saber en qué tiempo será construida la Briquetadora. El diagrama es realizado tomando en cuenta los días laborables que tiene 8 horas de trabajo que es de 8:00 a 12:00am y de 13:00 a 17:00 pm y no considerando los días sábados laborables, es decir que los trabajos que se realicen en 8 horas equivalen a decir que se los realizaran en 1 día, quedando distribuidas las actividades como se puede observar en la figura 4.

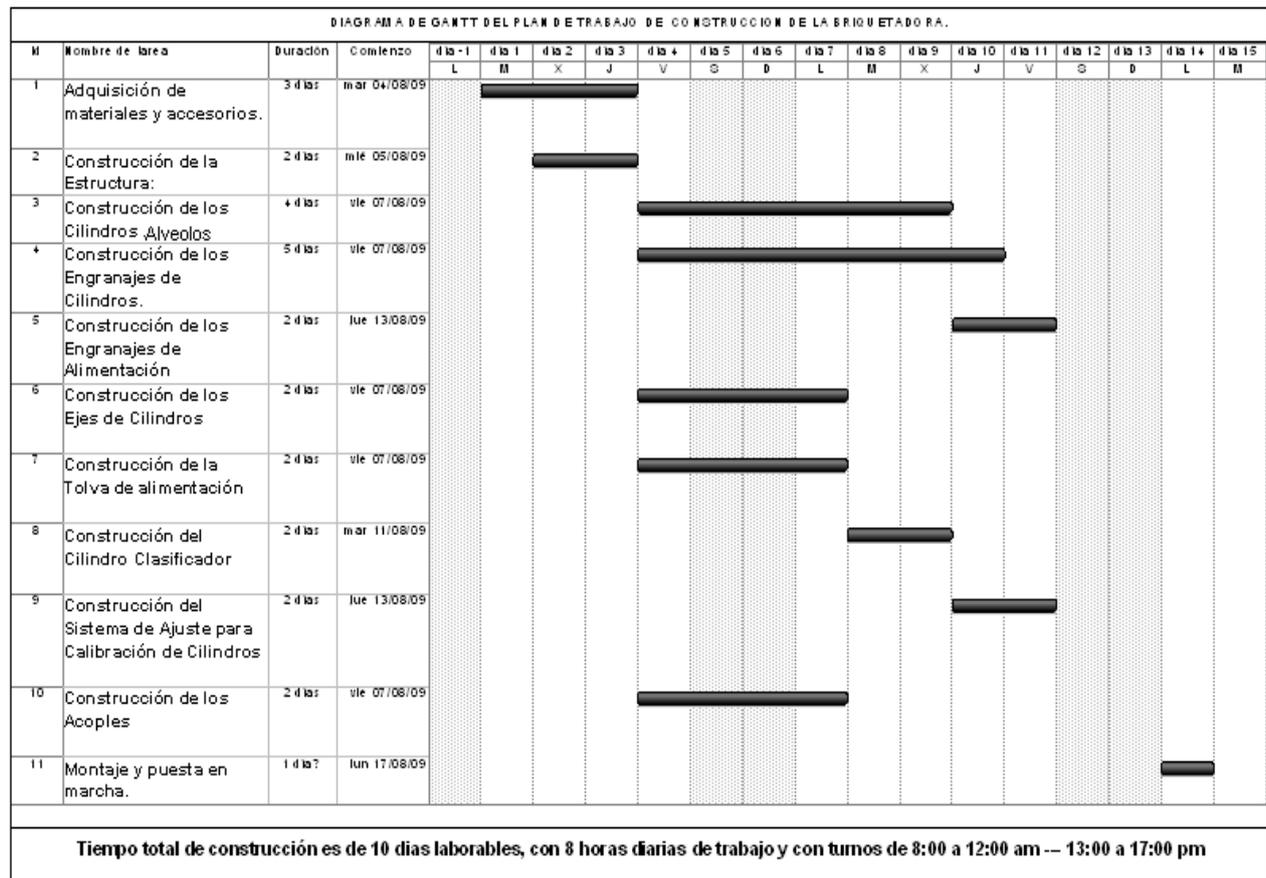


Figura 4. Diagrama de GANTT del plan de construcción de la Briquetadora.

3.14. Elaboración del Presupuesto General de los Costos de Construcción.

El costo la Briquetadora depende mucho de su diseño, ya que si no se toma en consideración los materiales y accesorios existentes en el mercado local se las tendrá que importar y esto representa un costo muy alto, también depende de la calidad de trabajo que se realice en las distintas partes a construir de la máquina ya que de eso depende la garantía de durabilidad de la misma. En las siguiente tabla 1. se detalla el precio total de la Briquetadora como el precio de componentes y accesorios.

Tabla 1. Presupuesto General.

ID	Descripción:	Costo total
1	Materiales	846,94
2	Accesorios	3859
3	Mano de obra	2240
4	Transporte	150
	SUB TOTAL	7095,94
	IVA (12 %)	851,51
	TOTAL (USD)	7947,45

4. Resultados

Con la elaboración de este trabajo tenemos diseñado la Briquetadora y cada una de sus partes de tal manera que cubre la necesidad de obtener briquetas de Urea de forma esférica, también hemos construido un plan de trabajo de construcción teniendo un tiempo de ejecución de 10 días laborables y finalmente se construyó un presupuesto de los costos teniendo un costo final de \$7947,45

5. Conclusiones

A continuación resumo las siguientes conclusiones:

* El presente tema de tesis cumple con los objetivos para los cuales fue diseñada, que son: producir briquetas esféricas de Urea con una masa de 3.75gr para satisfacer la necesidad de 72.000 briquetas que se requiere para cubrir una hectárea de siembra de arroz, esta necesidad se la satisface en un tiempo de 1.5 horas ya que la Briquetadora producirá 48.000 briquetas en una hora.

* Esta Briquetadora se ha diseñado teniendo en cuenta los materiales y accesorios existentes en los mercados locales, de tal manera que el diseño sea seguro y económico. Podemos concluir que este diseño es seguro porque en todos los cálculos tenemos factores de seguridad mayores a uno y es económico porque se ha realizado distintas cotizaciones en el mercado local de los diferentes materiales y accesorios a utilizar, escogiendo el más conveniente para este diseño.

* Este diseño es muy factible porque es totalmente desarmable, de fácil fabricación y es fácil de transportar. Esta Briquetadora ha sido diseñada de tal forma que se tenga facilidad para realizar cambios en sus partes según se requiera, como por ejemplo: si se requiere una mayor producción se puede aumentar los RPM de la máquina cambiando el reductor de velocidad de tal forma que se obtenga la producción requerida y esto se lo puede hacer porque todos sus elementos están diseñados con factores de seguridad que permiten hacer dichos cambios; claro está, que tiene un límite de cambio. También, si se requieren briquetas de menos diámetro o de menor masa, se debe cambiar los Cilindros de Alveolos con otro Cilindros que tengan los Alveolos con los diámetros requeridos.

6. Recomendaciones

* Se recomienda como un nuevo tema de investigación el diseño de una Briquetadora que pueda variar sus RPM de una forma automática de tal manera que la misma Briquetadora pueda producir diferentes cantidades de briquetas dentro del rango de tiempo que se necesite y también que produzca briquetas de diferentes masas según se requiera.

* También, recomiendo que al momento de la fabricación de esta Briquetadora se revise y se compruebe que sus partes tengan un buen acople entre ellas para que al momento del montaje no tengan ningún tipo de problemas y en el montaje realizar una buena alineación y calibración de los Cilindros Alveolos para que las briquetas tengan la forma y peso requerido.

* Finalmente podemos concluir que este diseño se ha realizado utilizando los conocimientos adquiridos a lo largos de la carrera universitaria; por tanto, esta tesis será de gran utilidad para las siguientes generaciones que deseen realizar estudios o trabajos sobre este tema

7. Agradecimiento

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Marcelo Espinosa Luna Director de Tesis, por su Invaluable ayuda.

8. Referencias

- [1] SHIGLEY - MISCHKE, Diseño en ingeniería mecánica, McCRAW-HILL, Sexta Edición, México Abril del 2005, 256 -950.
- [2] CALDERO – CARTA, Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros, McCRAW-HILL, Primera Edición, España 1999, 153 - 323.
- [3] MOTT, ROBERT L., Diseño de elementos de máquinas, McCRAW-HILL, Cuarta Edición, México 2006, 280 – 777.
- [4] CASILLAS, Máquinas Cálculos de Taller, MELSA, 35 Edición, España 1992, 130 - 182
- [5] FALK Catálogo, FREEDOM DISC COUPLINGS, U.S.A. 2002, 6 – 18.
- [6] RAISA Catálogo, Reductores de Velocidad, México 1980.
- [7] DIPAC Catálogo, Productos de Acero, DISERVICIOS, ECUADOR 1978, 8 – 25.
- [8] DODGE, Manual Torque – Arm, Reductores de Velocidad, 1994.
- [9] SIEMENS, Catálogo General de Motores Eléctricos, México 2005, 1 – 14.
- [10] NTN, Catálogo de rodamientos de Bola y de Rodillo, Ecuador 2004, B5 – B95.
- [11] NTN, Catálogo de chumaceras, Ecuador 2004.
- [12] MARTIN, Catálogo de construcción ingenieril.

Ing. Marcelo Espinosa L.
DIRECTOR DE TESIS