



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA EXTRUSORA DE ALIMENTO PARA GANADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

OSCAR RAUL PEREZ OLMOS

DIRECTOR DE TESIS: M. I. LEOPOLDO GONZALEZ G.



México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE CRICEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pag.
INTRODUCCION	1
 CAPITULO 1 PROCESO DE EXTRUSION	
1.1 La extrusión	3
1.2 Clasificación de los métodos de extrusión	4
1.2.1 Extrusión húmeda	4
1.2.2 Extrusión seca	4
1.2.3 Extrusión en frío	5
1.2.4 Extrusión en caliente	5
1.3 Factores favorables a la extrusión	6
1.4 Principios básicos de funcionamiento de las máquinas extrusoras	8
1.5 Clasificación de las máquinas de extrusión	13
1.5.1 Extrusoras de desplazamiento positivo	14
1.5.1.1 Extrusoras de pistón sencillo	14
1.5.1.2 Extrusoras de pistón múltiple	15
1.5.1.3 Bombas de extrusión	17
1.5.2 Extrusoras de fricción viscosa	19
1.5.2.1 Extrusora de rodillos	19
1.5.2.2 Extrusora de tambor rotatorio	20
1.5.2.3 Extrusora de tornillo	21
1.6 Equipos existentes representativos	22
1.6.1 Modelo de laboratorio (Cia. California Press)	23
1.6.2 Modelo para altos porcentajes de melazas (Cia. California Press)	25
1.6.3 Modelo de trabajo pesado (Cia. California Press)	26
 CAPITULO 2 PROCESO DE DISEÑO	
2.1 Definición de diseño	28
2.2 Metodología de diseño	28
2.3 Conocimiento de la necesidad	31
2.4 Definición del problema	32
2.4.1 Especificaciones del dispositivo	34
2.4.2 Restricciones del dispositivo	34
2.5 Diseño conceptual	35
2.5.1 Establecimiento de entrada-salida de la	

2.5.2	División en sistemas	36
2.6	Diseño de configuración	37
2.6.1	Establecimiento de alternativas de solución	38
2.6.2	Establecimiento de la configuración general de la máquina	40
2.6.3	Diagrama de bloques	43
2.7	Diseño de detalle	43
2.7.1	Sistema estructural	44
2.7.2	Sistema motriz	50
2.7.3	Sistema de alimentación	53
2.7.4	Sistema de extrusión	57
2.7.5	Sistema de peletizado	61
2.7.6	Memoria de cálculo	65
2.7.6.1	Determinación de propiedades del material a extruir	65
2.7.6.2	Cálculo de parámetros geométricos del husillo de paso constante y profundidad variable	69
2.7.6.3	Cálculo de parámetros operacionales de la máquina	75
2.7.7	Planos	86

CAPITULO 3 DESEMPEÑO DE LA MAQUINA

3.1	Desempeño de la máquina	87
-----	-------------------------------	----

CAPITULO 4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Resultados	88
Conclusiones	89

APENDICES

A. Glosario de términos zootecnistas	91
B. Equipos de extrusión existentes	94
C. Dietas típicas para vacas lecheras	96
D. Uso y mantenimiento de la máquina	98

BIBLIOGRAFIA	100
---------------------------	------------

INTRODUCCION

El desarrollo del sector agropecuario ha sido desde más de siete décadas el punto de partida de las interrogantes básicas que atañen al desarrollo del país. La enorme demanda que se ha generado en este sector, a provocado un caudal de importaciones que supera por mucho al de exportaciones especialmente en el área tecnológica por lo que se puede afirmar que uno de los factores que provoca el subdesarrollo en México y en América Latina es la dependencia tecnológica.

La industria de los alimentos compuestos para animales constituye en México una profesión joven la cual se encuentra en un subdesarrollo alarmante. Así, la intención es generar equipos competitivos que satisfagan necesidades específicas de nuestro país, de modo de dar solución al problema de importación de equipos. Si México logra generar una tecnología propia se evitarían altos costos de mantenimiento, mercado limitado de refacciones, pago de impuestos de importación, etc.

En un país como México, la producción de alimento para ganado está limitada por los altos costos de los equipos. El problema fundamental radica en que los pequeños y medianos ganaderos se enfrentan con la imposibilidad de adquirir equipos y se ven obligados a comprar el alimento ya sea con grandes ganaderos o con distribuidores que muchas de las veces se encuentran alejados de las granjas.

Los equipos existentes en el mercado mexicano son en su gran mayoría importados. Dichos equipos producen entre 1 y 20 toneladas por hora mientras que un mediano ganadero utiliza de 1 a 20 toneladas por mes.

El objetivo del presente trabajo es diseñar y construir una máquina extrusora con la que se obtenga alimento para ganado en forma de pelet, con una producción aproximada de entre 100 y 150 Kg/h y que cuente con una infraestructura accesible a pequeños y medianos ganaderos, con equipos de fácil adquisición, mantenimiento mínimo y sin necesidad de utilizar personal especializado para operar la máquina.

CAPITULO

1

CAPITULO 1

EL PROCESO DE EXTRUSION

1.1 LA EXTRUSION

La palabra extrusión viene de los vocablos latinos "ex" y "trudere" que significan, respectivamente, "fuerza" y "empujar". Se puede definir la extrusión como el proceso de obtención de longitudes ilimitadas o limitadas con una sección transversal constante, conformando el material al obligarlo a pasar a través de una boquilla o una malla filtrante bajo condiciones controladas.

El proceso de extrusión se utilizó en escala industrial desde comienzos del siglo XIX para fabricar tuberías de plomo; sin embargo, el uso de la extrusión en otras aplicaciones tales como extrusión de productos cerámicos, pastas alimenticias, barras de hielo, electrodos de carbono, minas de grafito para lapiceros, vidrio y otros materiales, es un arte muy antiguo, cuyos comienzos no son muy conocidos.

En la actualidad el proceso de extrusión se utiliza principalmente para la manufactura de plásticos. El desarrollo de las máquinas extrusoras se ha dado paralelamente al desarrollo de los polímeros. Sin embargo, la aplicación de este proceso va mas allá de la extrusión de plásticos.

En la elaboración de piensos compuestos [ver apéndice "A"] el proceso de extrusión es generalmente llamado aglomeración o compactación.

1.2 CLASIFICACION DE LOS METODOS DE EXTRUSION

El proceso de extrusión se puede llevar a cabo de dos modos diferentes:

1.2.1 Extrusión húmeda.

El proceso de extrusión húmeda se caracteriza fundamentalmente por emplear disolventes que permiten extruir los materiales en forma de pasta o solución. La extrusión húmeda se puede realizar tanto en máquinas de pistón como en máquinas de tornillo (ver clasificación de las máquinas extrusoras). Es común utilizar vapor para humedecer la mezcla. Sin embargo, esto solo se justifica si la producción de la máquina es suficientemente grande ya que la inyección del vapor en la máquina extrusora requiere de una caldera. Existen métodos alternos para humedecer la mezcla, el más utilizado es el de agregar agua a una temperatura aproximada de 80 C y la humedad óptima para obtener el máximo de dureza es de 16% aproximadamente.

1.2.2 Extrusión seca.

El proceso de extrusión seca no utiliza ningún tipo de disolvente o aglomerante. El material a extruir se calienta separadamente en un cilindro de precalefacción. En algunas máquinas de tornillo existe la posibilidad de calentar y extruir simultáneamente lo cual ahorra tiempo y

permite darle continuidad al proceso. La extrusión seca solo se utiliza en aplicaciones aisladas, es decir, solo cuando algún proceso en particular lo requiera. Esto es debido a que se presentan algunas dificultades como lo son: aumento de fricción, taponamientos, dureza baja, tamaño de pelet demasiado pequeño, dificultad de manejo en el almacenamiento, tendencia del pelet a desmenuzarse, etc.

1.2.3. Extrusión en frío.

Sin adición de calor, ciertos productos son compresibles en frío. Sin embargo, operando de esta manera, tendremos:

- Un gran desgaste del husillo o de las matrices, según sea el caso, debido a una fricción excesiva
- Añadiendo agua a 10 6 15 C se obtiene una humidificación bastante mala en la mayoría de los casos, esto es, existe una mala repartición de la humedad provocando, incluso después del secado, partes húmedas y frecuentemente el desarrollo de enmohecimientos.
- Taponamientos
- Aumento en el costo de mantenimiento
- Aumento en el consumo de potencia

1.2.4. Extrusión en caliente.

Al calentar las harinas ya sea por inyección de vapor

o por adición de agua a 80 °C, se aumenta su contenido de humedad y su temperatura. Así, los productos más calientes son no solamente más fáciles de aglomerar sino que también su cohesión aumenta con la temperatura. En la extrusión caliente la humedad está bien repartida, el paso por la malla filtrante se facilita, etc.

De lo anterior podemos constatar que el método que presenta más ventajas es la extrusión en caliente con humedad. Cabe señalar que es necesario limitar tanto el contenido de humedad como la temperatura ya que los alimentos del ganado contienen principios activos (como las vitaminas) que son susceptibles al calor y la humedad.

1.3 FACTORES FAVORABLES A LA EXTRUSION

La producción de una máquina está determinada por una serie de factores que facilitan el proceso. Dichos factores son entre otros:

- Agentes ligantes. Se conoce como agente ligante aquel que facilita la aglomeración. Generalmente se utilizan melazas como agentes ligantes. Las melazas se usan en los compuestos principalmente a causa de su sabor apetitoso y de su bajo costo. En adición a lo anterior, no hay duda de que las melazas mejoran las propiedades ligantes, el pulido de la superficie y la apariencia de los pelets. El porcentaje de melazas que se usa en los compuestos es variable y está principalmente en función

del tipo de material a extruir. Por ejemplo, la alfalfa y el núcleo de dátil absorben hasta un 40% de melazas; los tallos de malta un 26%, la soya y la linaza solo absorben del 5 al 7%. Por otro lado, el aceite de hígado de bacalao así como las grasas animales son agentes ligantes alternativos.

· Agua y vapor de agua. Como ya se vio, el vapor facilita la operación de hacer pelets, ayuda al flujo de melazas y grasas animales, aumenta el ritmo de producción, disminuye el consumo de potencia de la máquina y regula el contenido de humedad del compuesto que se esté tratando. Al manejar agua directamente, se debe tener cuidado en que la distribución de la humedad sea homogénea. Para lograrlo se requiere de un mayor tiempo de mezclado o, en su defecto, batir pequeñas cantidades justo antes de su introducción a la máquina extrusora.

· Grosor de las partículas. El grosor de las partículas de la mezcla debe ser lo suficientemente pequeño como para no taponear la malla filtrante, pero por debajo de una cierta finura se pueden encontrar dificultades de alimentación de las máquinas extrusoras. Esto es debido al mal escurrimiento de las harinas muy finas.

1.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS DE EXTRUSION.

Existen diferentes procedimientos para formar pelets. En términos generales el principio básico es hacer pasar la mezcla o pienso compuesto a través de mallas filtrantes. Los pelets obtenidos dependen del tipo de principio que se halla utilizado y dichos pelets pueden tener diferentes longitudes, formas, apariencia y texturas. Dependiendo de sus características físicas finales, los pelets reciben nombres tales como, gránulos, cubos, migas, etc.

En las figuras 1.1 y 1.2 se pueden ver ejemplos de pelets terminados

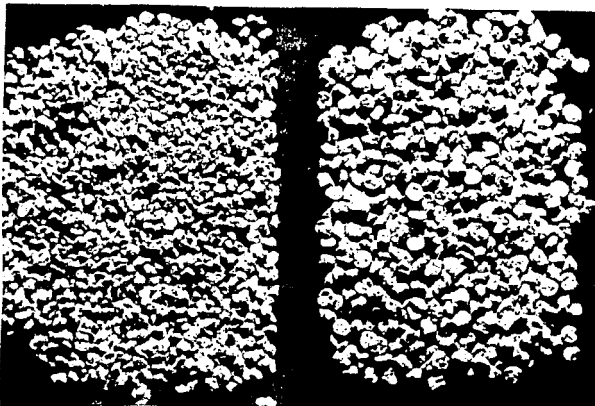


Figura 1.1 - Migas o gránulos para pollos

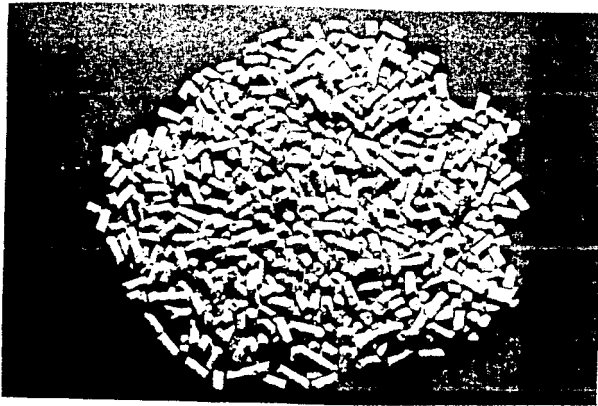
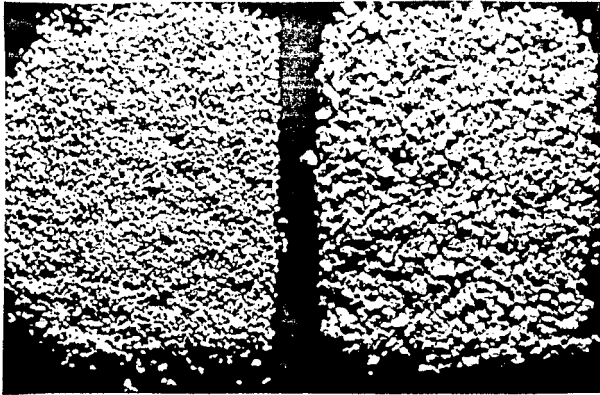


Figura 1.2 - Gránulos para pollos, 3/32 de pulgada

A continuación se presentan 6 principios básicos de operación de las máquinas de extrusión.

1.- Los cubos se forman por compresión entre las matrices contrarrotativas (figura 1.3).

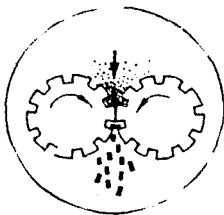


Figura 1.3

2.- El material se extruye a través de la matriz mediante un sinfín y se corta en gránulos mediante una cuchilla rotativa (figura 1.4).

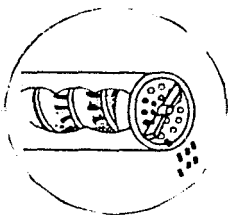


Figura 1.4

3.- El material se obliga a pasar a través de una matriz fija mediante un émbolo. La velocidad de la cuchilla determina la longitud del gránulo (figura 1.5).

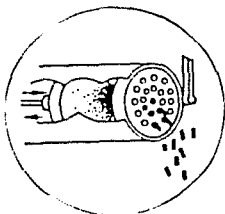


Figura 1.5

4.- El material se obliga a pasar a través de agujeros en las matrices para que pase a las superficies interiores, donde se corta en gránulos mediante cuchillas (figura 1.6).

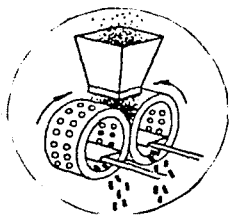


Figura 1.6

5.- La matriz está fija, los rodillos y las cuchillas giran. Los gránulos salen por la superficie exterior de la matriz (figura 1.7).

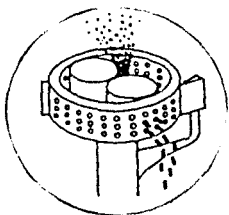


Figura 1.7

6.- Matriz fija y horizontal. Los gránulos salen por la parte inferior de la matriz y se cortan mediante cuchillas rotativas (figura 1.8).

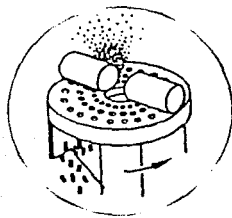
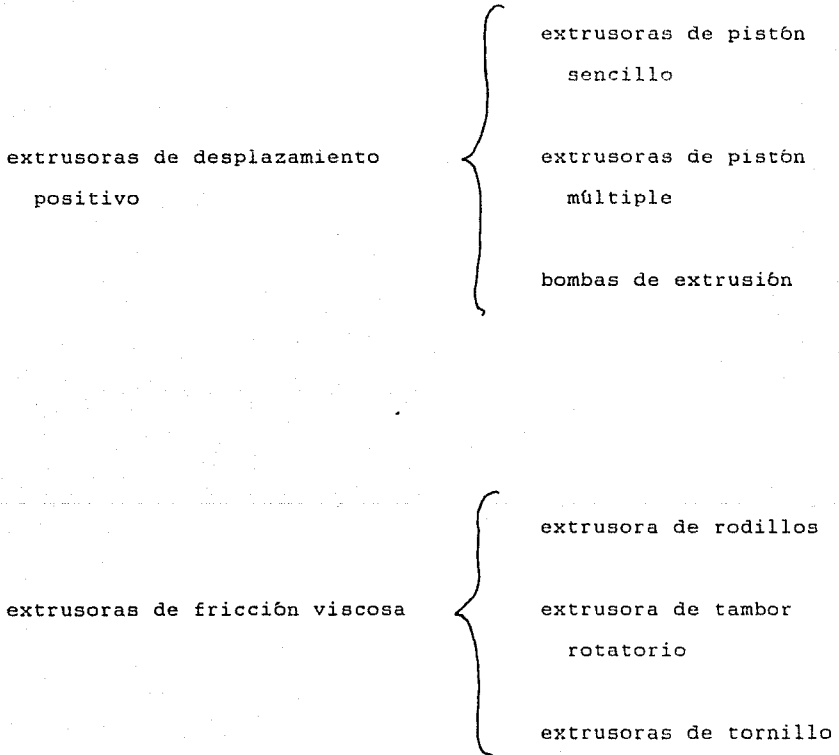


Figura 1.8

1.5 CLASIFICACION DE LAS MAQUINAS DE EXTRUSION.

Para realizar el proceso de extrusión es preciso aplicar al material una presión que le obligue a pasar a través de la malla filtrante. Atendiendo al sistema utilizado para obtener esta presión se pueden clasificar las máquinas extrusoras de la siguiente manera:



1.5.1 EXTRUSORAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

1.5.1.1 Extrusoras de pistón sencillo

Las máquinas de extrusión de pistón obligan al material a pasar a través de la boquilla empujándolo con un pistón accionado por presión hidráulica o mecánica. El funcionamiento de estas máquinas da lugar a un proceso de fabricación fundamentalmente discontinuo.

El extrusor de pistón sencillo que se esquematiza en la figura 1.9 se acciona manualmente mediante un mecanismo de cremallera y piñón, aunque versiones posteriores incorporaron un sistema hidráulico para accionar al pistón, consiguiéndose así una presión casi totalmente constante en la sección de entrada de la boquilla y una salida más uniforme del extrudado. Cuando el pistón retrocede, cae una nueva dosis de material desde la tolva y el proceso de extrusión se interrumpe momentáneamente. Cuando el pistón avanza cierra la entrada de material y compacta al material recién cargado contra el material que ya ocupa la boquilla, al mismo tiempo que emerge de la boquilla cierta longitud de extrudado.

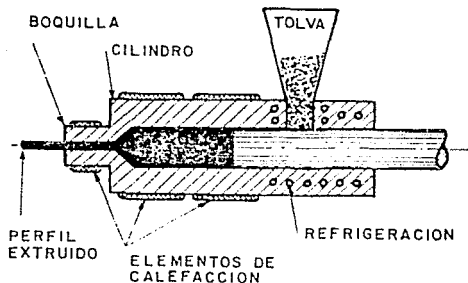


Figura 1.9

Las ventajas que pueden señalarse para este tipo de extrusora son los bajos costos de operación, el control de la presión, que se consigue con gran precisión y con independencia de la temperatura de extrusión, y los bajos esfuerzos resultantes en la boquilla de extrusión. Las desventajas son, sin embargo, más significativas que las ventajas; el principal inconveniente es la discontinuidad del proceso. Además, la fuerza es en la mayoría de los casos insuficiente lo que provoca el mal compactado de los pelets.

1.5.1.2 Extrusoras de pistón múltiple

Empleando extrusores con varios pistones de extrusión

se pueden conseguir procesos de extrusión continuos. En la extrusora de la figura 1.10 hay dos cilindros de calefacción y dos pistones de extrusión más pequeños; los ciclos de trabajo de estas cuatro unidades van alternados entre sí.

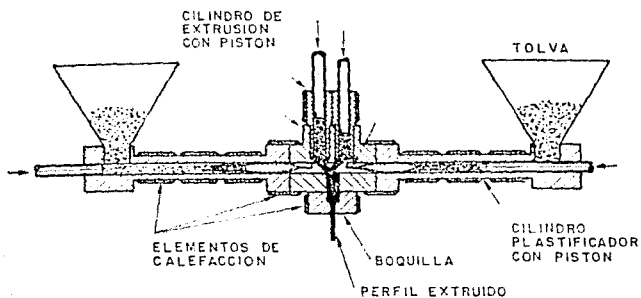


Figura 1.10

La velocidad de extrusión en la boquilla se controla con la presión ejercida por uno u otro de los pequeños pistones situados encima del cabezal de la extrusora, y que a su vez van accionados por dos pistones hidráulicos idénticos. El elemento clave de la máquina es la válvula distribuidora que permite cargar los cilindros de extrusión solamente cuando es necesario y que asegura que en todo momento se alimenta material a la boquilla de extrusión para conseguir un proceso continuo.

1.5.1.3 Bombas de extrusión

Las bombas de extrusión son simplemente bombas de engranes, que se emplean para obligar a pasar a una solución de alta viscosidad o aun material pastoso a través de mallas filtrantes.

Algunas veces se han considerado las bombas de engranajes como un caso particular de extrusora de doble tornillo, en la que los tornillos giran en sentidos opuestos, engranados entre sí; se puede considerar que el paso de rosca o avance de la espiral (Figura 1.11) en esta extrusora es de 90°. En ocasiones este tipo de máquinas se usan en combinación con tornillos de extrusión.

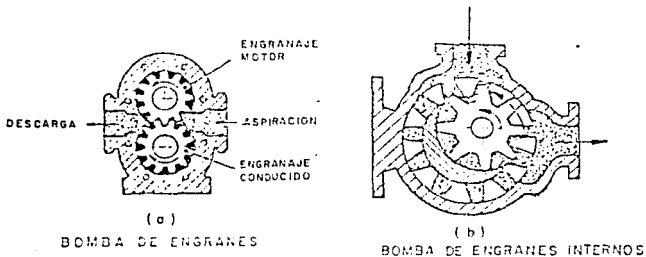


Figura 1.11

En el esquema de la figura 1.12 se presenta una bomba de Pasquetti con tres pares de engranajes. El material

entra por presión -o cae simplemente por acción de la gravedad-, en el espacio entre los dientes de la bomba, siendo transportada por la parte exterior de los discos dentados. Debido al perfecto ajuste entre los dientes y el cuerpo de la bomba la acción de transporte se debe solo al empuje de los dientes sobre el material y el flujo de este queda determinado por el número de revoluciones de los discos dentados, obteniéndose así un flujo de material esencialmente constante.

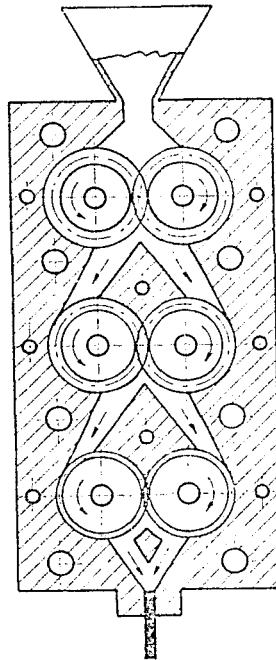


Figura 1.12

En esta extrusora de Pasquetti las tres etapas de transporte constituidas por los tres pares de discos engranados tienen una profundidad de dientes cada vez menor, con objeto de que el volumen barrido por los dientes se adapte a la disminución de volumen que sufre el material desde que entra por arriba hasta que llega a la boquilla; desde luego los tres pares de discos giran a la misma velocidad. Otra razón para disminuir así la profundidad de los dientes es dar cierta presión al material que le permita salir a través de la boquilla.

1.5.2 EXTRUSORAS DE FRICCIÓN VISCOSA

1.5.2.1 Extrusora de rodillos

Este tipo de extrusora consiste fundamentalmente en dos rodillos mezcladores ajustados con una caja provista de una boquilla de salida; los dos rodillos atrapan al material y le transportan hacia la boquilla (Figura 1.13, página siguiente).

En general la extrusora de dos rodillos constituye un sistema mecánicamente muy sencillo, que funciona razonablemente bien y proporciona producciones análogas (Kg/h) a las extrusoras de tornillo de dimensiones similares, pudiéndose además construir a costos competitivos con los otros tipos de extrusoras.

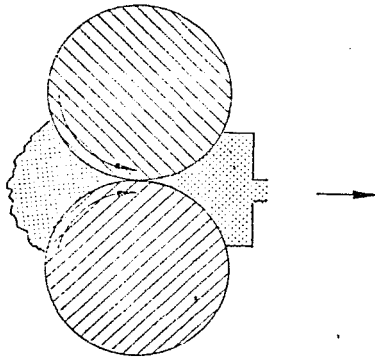


Figura 1.13

1.5.2.2 Extrusora de tambor rotatorio

Este tipo de máquina (Figura 1.14) consiste fundamentalmente en un disco o tambor rotatorio, rodeado por un cuerpo estático que puede calentarse o enfriarse para controlar la temperatura; entre el tambor rotatorio y el cuerpo de la máquina queda una pequeña holgura radial en la que se introduce el material procedente de la tolva de alimentación; el material que se adhiere a la superficie del tambor es separado por una cuchilla y conducido después hacia la boquilla. El comportamiento del material a extruir es muy parecido al comportamiento que tiene en las extrusoras de tornillo sencillo, y en ambos casos ha sido estudiado y analizado con teorías paralelas.

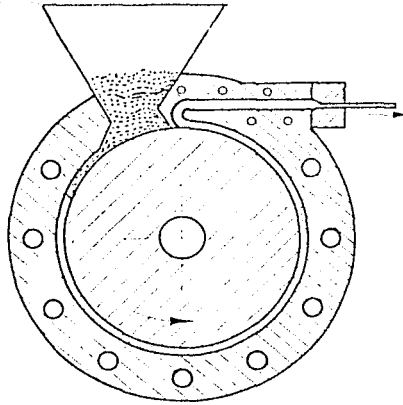


Figura 1.14

1.5.2.3 Extrusora de tornillo

Este tipo de extrusora puede ser de un solo tornillo o de tornillos múltiples; las extrusoras de un solo tornillo son las más utilizadas. Las limitaciones mecánicas, el mayor costo inicial y el elevado costo de mantenimiento de las extrusoras de tornillos múltiples han impedido la difusión de éstas.

Los extrusores actualmente utilizados tienen tornillos con diámetros entre 30 mm y 300 mm, aunque a veces han llegado a construirse hasta de 900 mm.

En la figura 1.15 se presenta un esquema de una

extrusora de tornillo sencillo.

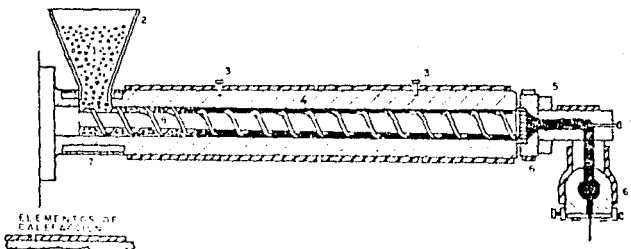


Figura 1.15

Esta máquina consiste fundamentalmente en un motor, un reductor de velocidad, un cojinete de acción axial para absorber el empuje del tornillo hacia atrás y un tornillo que gira dentro de un cilindro.

1.6 EQUIPOS EXISTENTES REPRESENTATIVOS.

Actualmente en el mercado de máquinas extrusoras existe un gran número de marcas y diseños. Sin embargo, dichas máquinas son de procedencia extranjera por lo que son de un alto costo y muchas de las veces no cubren totalmente las necesidades de los ganaderos y/o criadores mexicanos. A continuación se presentan algunos equipos existentes.

1.6.1 Modelo de laboratorio (Cia California Press)

Esta máquina es usada principalmente por grupos de investigación para probar nuevas fórmulas de piensos. Está montada sobre una mesa con ruedas para facilidad de movimiento; la altura total es de unos 125 cm y ocupa una superficie aproximada de 1 m² (figura 1.16). La mezcla se vierte en la tolva alimentadora, y el sinfín suministra el material a la cámara de la matriz. El principio que utiliza esta máquina es el de matriz fija con rodillos y cuchillas giratorias (ver figura 5). El sinfín alimentador se mueve mediante una unidad de velocidad variable que controla el ritmo de alimentación a la sección de extrusión. Después de formarse los pelets, éstos se descargan en un recipiente que se sitúa sobre la mesa. El motor principal es de 2 HP y la capacidad aproximada es de 25 Kg de pelets por hora.

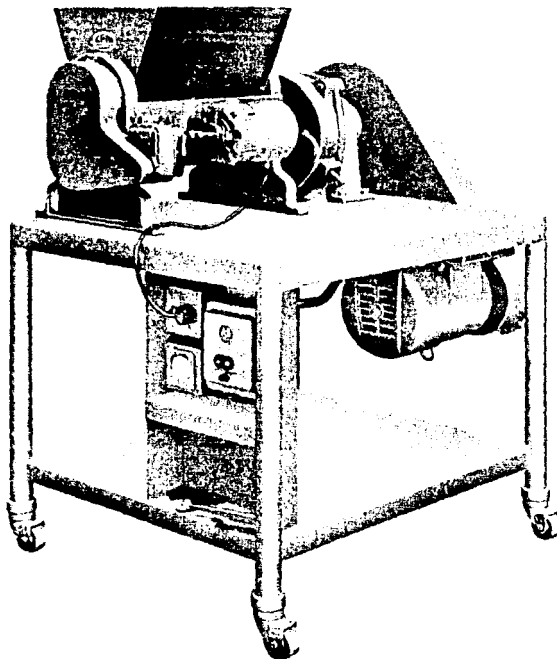


Figura 1.16

1.6.2 Modelo para altos porcentajes de melazas (Cia. California Press.)

La producción de pelets que contenga un porcentaje muy alto de melazas es un operación difícil cuando se utiliza el principio de matriz fija con rodillos y cuchillas giratorias. Esta máquina es capaz de producir pelets que contengan hasta un 35% de melazas. La máquina (figura 1.17) está montada sobre una plataforma con un motor de 75 HP y un motorreductor. El diseño consta de un cilindro que contiene un tornillo sinfín de compresión movido mediante el eje principal; el tonillo sinfín empuja a la mezcla a pasar a través de una malla filtrante vertical fija, lográndose con esta acción pelets firmes a pesar del alto contenido de melazas.

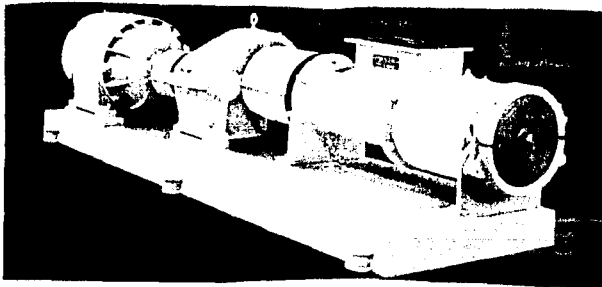


Figura 1.17

1.6.3 Modelo trabajo pesado (Cia. California Press)

Este tipo de máquina tiene una unidad de mezclado de melazas y vapor y una unidad de control de melazas las cuales pueden estar separadas a la máquina. El diseño de la sección de hacer pelets consiste en cuatro rodillos giratorios, montados sobre una columna central, que dan vuelta sobre una matriz circular fija. Cuatro cuchillas rotativas, soportadas sobre un eje colocado en la columna central, cortan los pelets en la parte baja de la matriz. El mezclador de las melazas está movido por un motor de 3 HP con lo cual el material a extruir se puede mezclar sin utilizar el motor principal de 40 HP. Su capacidad aproximada es de 3.5 ton de pelets por hora.

En la página siguiente se muestra la figura 1.18 en la cual podemos observar dicha máquina con una lista de sus partes mas importantes.

En el apéndice "B" se tiene una tabla que contiene información acerca de las características técnicas de máquinas comerciales representativas.

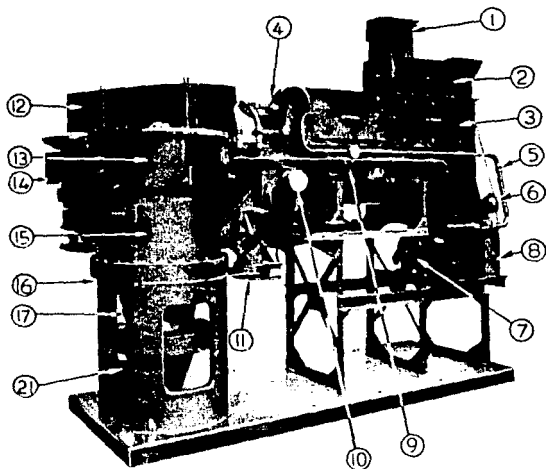


LÁMINA 93. — Prensa Califorma Simon (Tipo Heavy Duty).

1. Indicador de flujo. — 2. Alimentador. — 3. Mezclador de melazas en cascada. — 4. Atomizador. — 5. Tubería de melazas. — 6. Contador de melazas. — 7. Regulador de melazas. — 8. Dispositivo de pesada y arranque. — 9. Manómetro para el vapor. — 10. Registrador de temperatura. — 11. Descarga de batido con melaza. — 12. Movimiento por polea. — 13. Cámara de enramado. — 14. Motor. — 15. Conjunto de rodillos. — 16. Matriz estática horizontal. — 17. Conjunto soporte de cuchillas. — 18. Cuchillas. — 19. Rodillos.

Figura 1.18

CAPITULO

2

CAPITULO 2

PROCESO DE DISEÑO

2.1 DEFINICION DE DISEÑO

La palabra diseño proviene del Latín DESIGNARE, que significa seguir el camino. Así, podemos afirmar que el diseño no es una disciplina de una área específica, ya que en todas las actividades creativas se utiliza directa o indirectamente. No existe una definición única de diseño, sin embargo, el concepto de diseño es intuitivo y se refiere a un proceso en el que se utilizan principios científicos y métodos técnicos, matemáticos, conocimientos físicos o químicos, útiles de dibujo o de cálculo, lenguaje común o especializado, etc, todo para llevar a cabo un plan que resultará en la satisfacción de una cierta necesidad o demanda.

Se puede decir, que el diseño en ingeniería es el paso de la necesidad a la necesidad satisfecha por medio de la inteligencia, aplicando la ciencia y la tecnología.

2.2 METODOLGIA DE DISEÑO

El proceso de diseño da principio con la identificación de una necesidad y con la decisión de hacer algo al respecto y finaliza con la presentación de los resultados que satisfacen tal necesidad.

La metodología de diseño establece una secuencia de pasos lógicos y bien definidos, así como una estructura recurrente.

Dicha metodología es demasiado compleja para admitir una progresión ininterrumpida, sin retroceder de vez en cuando para corregir o reelaborar los resultados obtenidos en alguna fase anterior.

En la página Figura 2.1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de diseño planteado para desarrollar el proyecto que concierne a la presente tesis.

PROCESO DE DISEÑO

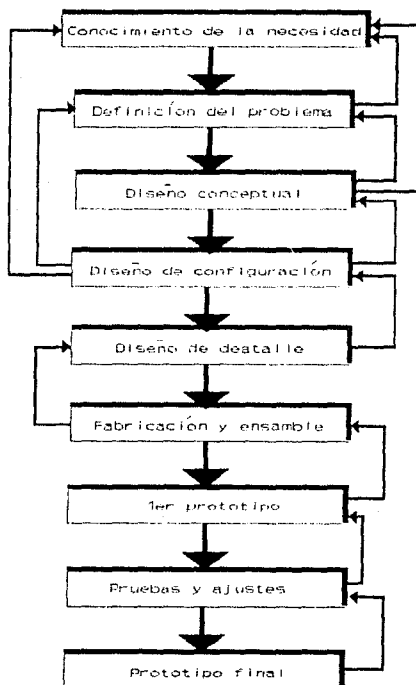


Figura 2.1

2.3 CONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD

El primer paso del proceso de diseño, consiste en determinar la necesidad original, la cual puede manifestarse simplemente como un vago descontento, o bien, en la intuición de una dificultad o en la sensación de que algo no está bien. Por lo general, las necesidades se identifican de repente, partir de una circunstancia adversa, o bien, de una serie de circunstancias fortuitas que surgen al mismo tiempo. Generalmente, es necesario identificar si la necesidad es cierta y si se justifica llevar a cabo el proyecto.

Los problemas rara vez se presentan ya formulados con una exposición clara y concisa de los factores que en ellos intervienen, y salpicados de indicios elocuentes que señalen cual es la solución acertada. En la mayoría de los casos ni siquiera se sabe con claridad si se trata de un solo problema o de varios, y en tal caso en que consisten.

Como se planteó en la introducción de la presente tesis, en México existe la necesidad de generar tecnología propia que satisfaga necesidades específicas del país. En el caso de los piensos compuestos, existen fabricantes que los producen y los distribuyen generalmente a precios elevados. En adición a esto, los pequeños ganaderos se ven en la necesidad de recurrir a centros de distribución, fábricas, clínicas veterinarias, etc, que en muchos de los casos de encuentran alejados de las granjas.

Cabe señalar que los equipos existentes en el mercado son

de una producción elevada, esto es, las capacidades de los equipos van desde 2 ó 3 toneladas por hora hasta 25 ó 30 toneladas por hora, lo cual es demasiado para un pequeño o mediano ganadero.

Así pues, la necesidad es diseñar un equipo para elaborar pelets con una capacidad de producción de entre 100 y 150 Kg por hora, que requiera de mantenimiento mínimo y sin necesidad de utilizar personal especializado para manejar la máquina.

2.4 DEFINICION DEL PROBLEMA

Antes de desplegar cualquier intento de encontrar soluciones posibles para satisfacer una necesidad, se debe identificar y formular el problema del proyecto. Es común y poderosa la tentación de fijar en la mente un concepto falso que parece proporcionar una solución factible antes de que el problema real se haya comprendido cabalmente.

La definición del problema debe abarcar todas las condiciones para el objeto que se ha de diseñar. Tales condiciones o especificaciones, son las condiciones de entrada y salida, las características y las limitantes del entorno en que estará el objeto en cuestión.

En las plantas para la elaboración de piensos compuestos, existen unos dispositivos llamados prensas para hacer pelets. Dichas prensas son máquinas extrusoras las cuales están precedidas por mezcladores y seguidas de secadores. En la figura 2.2 de la página siguiente, podemos observar una planta

completa en la que se hace resaltar el lugar que ocupan las prensas o máquinas extrusoras.

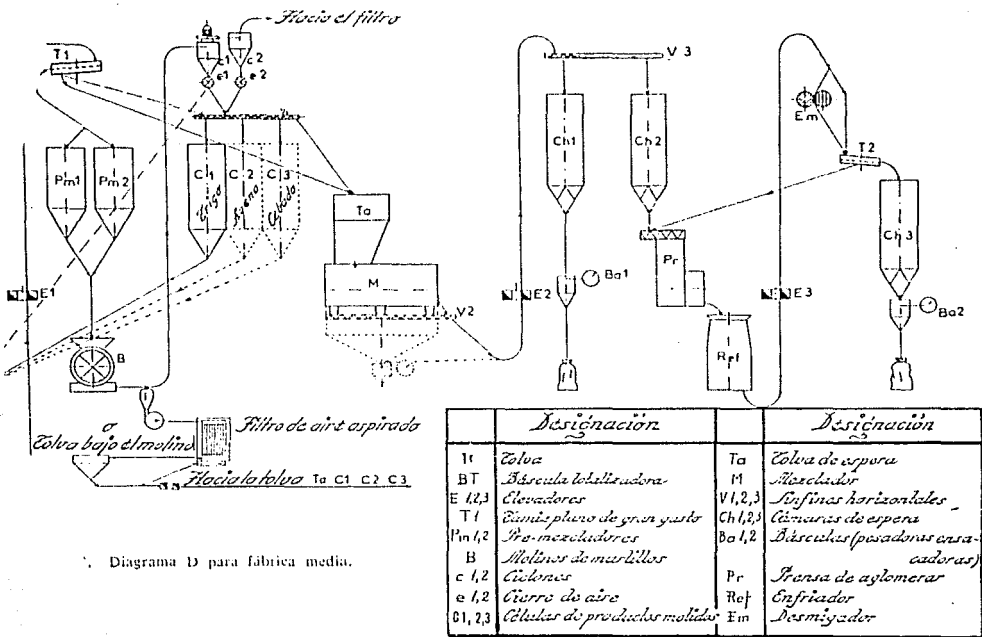


Figura 2.2

Como ya se dijo, en la presente tesis se tiene por objetivo el diseñar una maquina extrusora de la cual se obtengan pelets a razón de 100 Kg/h a partir de piensos compuestos. Cabe señalar que dichos pelets deberán ser sometidos a un proceso de secados o, en su defecto, no ser almacenados de modo que la humedad sobrante no provoque que se pudran.

2.4.1 ESPECIFICACIONES DEL DISPOSITIVO

- La máquina deberá ser capaz de entregar pelets de 3/16 de pulgada con una producción aproximada de entre 100 y 150 Kg/h y con un contenido de humedad no mayor al 40 %.
- La entrada a la máquina será una mezcla homogénea de piensos compuestos aglomerados con agua a una temperatura aproximada de 65 grados C y con 30 % de contenido de melazas.

2.4.2 RESTRICCIONES DEL DISPOSITIVO

- La máquina debe hacer pelets cuya dureza sea suficiente para poder ser manejados y transportados.
- El personal que opere la máquina no requerirá de un adiestramiento especializado para operar y dar mantenimiento a la misma.
- Las partes diseñadas de todos los componentes de la máquina deberán ser de fácil manufactura.
- Las refacciones comerciales deberán poder conseguirse en

el país, en la mayoría de los casos.

- La máquina podrá ser transportada sin problemas de un lugar a otro.
- La máquina no deberá requerir de instalaciones especiales.

2.5 DISEÑO CONCEPTUAL

El diseño conceptual se inicia formalmente después de que el problema haya sido bien comprendido y analizado.

En esta fase, se establecen las funciones a realizar por la máquina, se jerarquizan dichas funciones y se establecen una gran cantidad de alternativas de solución (Brainstorm), sin preocuparse por la calidad de las mismas.

Las alternativas de solución que se propongan dentro de esta fase, deben de consistir en una idea conceptual exclusivamente.

2.5.1 ESTABLECIMIENTO DE ENTRADA-SALIDA DE LA MAQUINA

En la figura 2.3 se muestra esquemáticamente la entrada y la salida. La máquina debe entregar pellets de 3/16'' 6 de 1/4'' y es alimentada con una mezcla de piensos compuestos.



Figura 2.3

2.5.2. DIVISION EN SISTEMAS

Para la máquina de extrusión se definieron los siguientes sistemas:

- 1.- Sistema estructural
- 2.- Sistema motriz
- 3.- Sistema de alimentación
- 4.- Sistema de extrusión
- 5.- Sistema de peletizado

A partir de esta fase de diseño, cada sistema de la máquina será analizado por separado, es decir, cada fase del proceso de diseño será aplicada a cada sistema. Además, También es necesario mencionar que los valores definitivos de las variables de cada uno de los sistemas serán obtenidos en el diseño de detalle.

Sistema estructural

El sistema estructural será el que de soporte a los otros sistemas y consta de: base, patas, y sujetadores de las carcasas de alimentación y extrusión. La estructura debe ser portátil y no debe ocupar mas de 1 m .

Sistema motriz.

El sistema motriz proporcionará la potencia para mover la mezcla y para extruir los piensos compuestos. Hay que tener en cuenta que en las máquinas de extrusión el sistema motriz depende del material a extruir, del producto final buscado y

del modo de realizar la operación.

Los componentes del sistema motriz son: motor, reductor de velocidad, banda y poleas.

Sistema de alimentación

El sistema de alimentación debe tener una tolva, una placa deflectora de contraflujo y una carcasa de la zona de alimentación. Existen diferentes disposiciones posibles las cuales se discutirán en la siguiente sección.

Sistema de extrusión

Existe una amplia gama de métodos para extruir. Básicamente el sistema de extrusión debe consistir en una carcasa o camisa contenedora y un elemento que transmita una fuerza capaz de extruir al material. Es aquí donde se encuentra el "corazón de la máquina" ya que depende de él, el buen funcionamiento de la misma.

Sistema de peletizado

Es en este sistema donde los pelets obtienen su forma final. Comúnmente se compone de camisa de dosificación, malla filtrante y un cortador.

2.6 DISEÑO DE CONFIGURACION

Es en esta fase donde se establecen las alternativas de solución desde un punto de vista global, así como la

configuración general de la solución. Cabe señalar que durante el desarrollo de esta fase se elaboraron gran cantidad de alternativas; pero con el fin de resumirlas para su presentación, se mostrarán solo aquellas que obtuvieron una calificación mayor en las matrices de decisión.

2.6.1 ESTABLECIMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

En el apartado anterior se dividió la máquina en sistemas lo cual nos define las etapas o pasos por los cuales se pretende llegar a la solución.

Existen diferentes procedimientos para formar pelets, algunos son métodos poco utilizados o en desuso pero que tomaremos en consideración antes de evaluarlos. A continuación se presentan las alternativas de solución obtenidas mediante lluvia de ideas.

CONFIGURACION "A"

- En esta primera configuración, la estructura soporta por la parte superior al moto-reductor y por un lado al conjunto de extrusor-peletizador (Figura 2.4); el alimentador queda por arriba del extrusor.

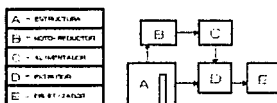


Figura 2.4

CONFIGURACION "B"

• En esta configuración se busca la facilidad de construcción. Las etapas se presentan en "cascada", es decir, una tras de otra linealmente (Figura 2.5). Una de las principales ventajas es que el extrusor es fácilmente acoplable al moto-reductor.

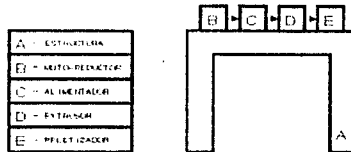


Figura 2.5

CONFIGURACION "C"

• Esta configuración presenta al alimentador, extrusor y peletizador como un solo elemento, lo cual presenta algunos problemas de fabricación. Sin embargo la ventaja es que el extrusor y el peletizador se acoplan fácilmente (Figura 2.6).

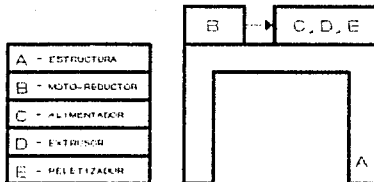


Figura 2.6

CONFIGURACION "D"

- En esta configuración se busca un arreglo vertical de modo que el moto-reductor quede por debajo del conjunto extrusor-peletizador (Figura 2.7). La ventaja principal de esta configuración es que el moto-reductor quedaría acoplado directamente al extrusor-peletizador evitando el uso de bandas y poleas. El alimentador está a un costado de dicho conjunto extrusor-peletizador. La estructura debe tener un escalón en donde descansará el moto-reductor.

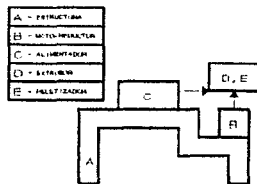


Figura 2.7





2.6.2 ESTABLECIMIENTO DE LA CONFIGURACION GENERAL DE LA MAQUINA

Para establecer la configuración general de la máquina, fue necesario seleccionar la mejor alternativa. Y para este efecto se utilizaron los parámetros de diseño que a continuación se enumeran:

Parámetros de diseño.	Valor (%)
1.- Factibilidad técnica	20
2.- Funcionalidad	25
3.- Fabricación	20
4.- Mantenimiento	20
5.- Vida útil	15

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la página siguiente

ALTERNATIVA	CATEGORÍA					TOTAL
	1	2	3	4	5	
	20%	25%	20%	20%	15%	100%
	10 2	20 5	20 4	20 4	25 3.75	18.75
	15 3	30 7.5	25 5	30 6	25 3.75	25.25
	20 4	15 3.75	25 5	10 2	20 3	17.75
	10 2	20 5	15 3	20 4	20 3	17.00



Alternativa seleccionada

2.6.3 DIAGRAMA DE BLOQUES

La configuración elegida representa un arreglo en cascada, es decir, los sistemas se encuentran uno después del otro. La ventaja principal es su facilidad de diseño lo cual se traduce en un número menor de piezas. A continuación se presenta la configuración definitiva de la máquina vista en bloques.

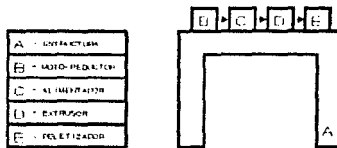


Figura 2.5

2.7 DISEÑO DE DETALLE

Esta etapa tiene por objetivo desarrollar una completa descripción ingenieril de todos los componentes. Se incluirán los planos de fabricación con todas las partes dimensionadas, las tolerancias, materiales, especificaciones, así como su peso, forma, volumen, capacidad, etc.

En la etapa anterior se generaron alternativas de solución globales, a partir de las cuales se definió la configuración general de la máquina. En el diseño de detalle nuevamente se generarán alternativas de solución para cada sistema, pero

ahora con el objeto de definir las características finales de cada uno de los componentes de los sistemas.

Debido a que los sistemas tienen criterios y parámetros de diseño comunes, todos los cálculos se resumen en el apartado correspondiente.

Cabe señalar que, al igual que en la etapa de diseño de configuración, se elaboraron gran cantidad de alternativas; pero con el fin de resumirlas para su presentación, se mostrarán solo aquellas que obtuvieron una calificación mayor en las matrices de decisión.

2.7.1 SISTEMA ESTRUCTURAL

Como se mencionó anteriormente, la estructura deberá dar soporte a todos los sistemas de la máquina y debe de ser lo suficientemente ligera como para ser portátil. Es importante señalar que a pesar de ser intuitiva la solución se prefirió seguir un método (para mi caso matrices de decisión), de modo que las opciones fueron de una u otra manera evaluadas objetivamente.

Parámetros de diseño.	Valor (%)
1.- Portátil	15
2.- Segura para el operario	25
3.- Ergonómicamente adecuada	20
4.- Peso	20
5.- Volumen ocupado (robustez)	20

Alternativas de solución

ALTERNATIVA 1

La máquina es montada en una mesa en forma de "L" de modo que el peso fuera menor; las patas son de 10 cm de alto (Figura 2.8). La razón por la cual se consideraron patas de 10 cm fue que se visualizó a la máquina lo suficientemente pequeña como para no necesitar de mesa.

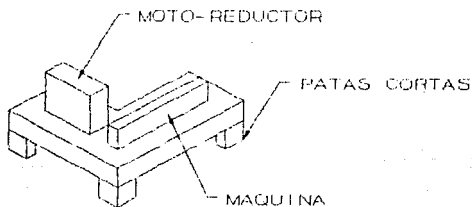


Figura 2.8

ALTERNATIVA 2

- Nuevamente, la máquina es montada en una mesa en forma de "L" pero ahora con patas de 80 cm de alto (Figura 2.9). Lo anterior tiene por objetivo que la máquina tenga mesa de trabajo y no requiera de algún tipo de estuche o caja para guardarla.

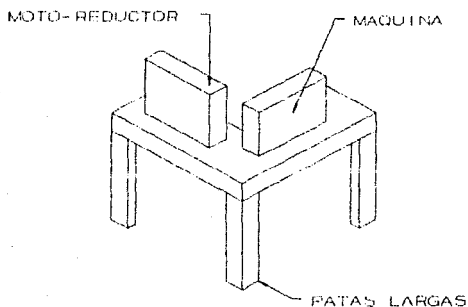


Figura 2.9

ALTERNATIVA 3

- La base de la máquina es rectangular y las patas son de 10 cm de alto (Fig 2.10). La ventaja principal es que la mesa de trabajo tenga una área en donde se pueden poner objetos. Nuevamente las patas cortas representan la idea de una máquina ligera y portátil.

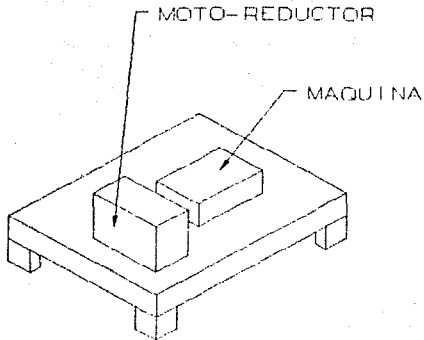


Figura 2.10

ALTERNATIVA 4

· En esta alternativa se busca una ventaja mas; al acoplar el motor y el reductor se vio la necesidad de contar con un mecanismo por medio del cual se pudiera transmitir la potencia. Cabe señalar que esta necesidad se vio solo hasta el momento de la construcción de la máquina. El moto-reductor está por debajo de la mesa y las patas son de 80 cm de altura (Figura 2.11)

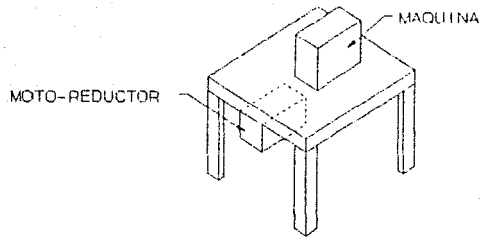






Figura 2.11

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la siguiente página

ALTERNATIVA \ CATEGORÍA	1	2	3	4	5	TOTAL
	15%	25%	20%	20%	20%	100%
	60 8	50 12.5	50 10	60 12	60 12	55.5
	50 7.5	70 17.5	70 14	50 10	50 10	55.0
	60 8	50 12.5	50 10	60 12	60 12	55.5
	70 10.5	70 17.5	70 14	50 10	70 14	66.0



Alternativa seleccionada

2.7.2 SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz deberá aportar la potencia necesaria tanto para desplazar la mezcla de piensos compuestos como para extruir la misma. Debido a que las RPM no deben ser mayores a 50 rpm [ver memoria de cálculos], y si se utiliza un motor eléctrico, entonces dicho motor tendrá que ser de 1750 RPM.

Parámetros de diseño.	Valor
	(%)
1.- Potencia consumida	25
2.- Seguro para el operario	20
3.- Automático	20
4.- Manual	10
5.- Potencia entregada	25

Alternativas de solución

ALTERNATIVA 1

- Motor eléctrico, reductor de velocidad, poleas banda (Fig 2.12 a y b).

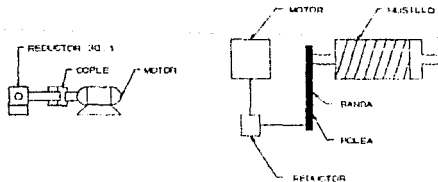


Figura 2.12 a y b

ALTERNATIVA 2

• Sistema manual (Figura 2.14). Debido a que en algunos lugares de la República Mexicana no existe corriente eléctrica, una opción alterna es un sistema manual.

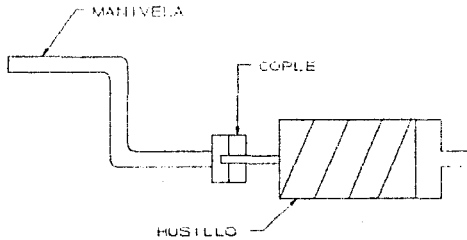






Figura 2.14

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la página siguiente

ALTERNATIVA	1	2	3	4	5	TOTAL
	25%	20%	20%	10%	25%	100%
	50 12.5	20 4	70 14	0 0	50 12.5	43
	20 5	20 4	10 2	50 5	10 2.5	18.5
						
						



Alternativa seleccionada

2.7.3 SISTEMA DE ALIMENTACION

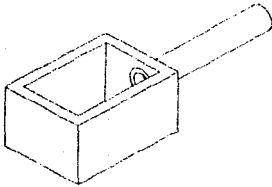
El sistema de alimentación debe consta de 2 elementos básicos: un elemento transportador y un rodamiento que soporte la reacción provocada por el empuje transmitido a la mezcla de piensos compuestos.

Parámetros de diseño.	Valor
	(%)
1.- Tolva ergonómicamente adecuada	10
2.- Elemento transportador confiable	25
3.- Carcasa ajustable a la carcasa de extrusión	15
4.- Evitar contraflujo	30
5.- Fácil manufactura	20

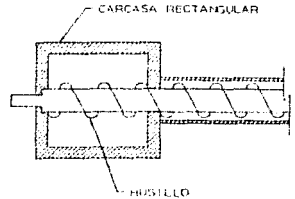
Alternativas de solución

ALTERNATIVA 1

• Carcasa rectangular, gusano sinfin como elemento transportador, reducción de área para evitar contraflujo (Figura 2.15 a y b)



(a)



(b)

Figura 2.15

ALTERNATIVA 2

• Carcasa circular unida por medio de bridas a la carcasa de extrusión, placa deflectora de contraflujo, gusano sinfin como transportador (Figura 2.16)

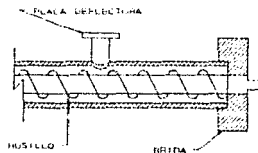


Figura 2.16

ALTERNATIVA 3

· Igual a la alternativa 3 pero con pistón como elemento transportador (Figura 2.17)

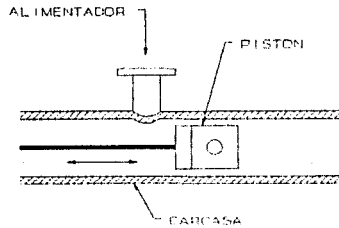






Figura 2.17

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la página siguiente

OPCIÓN	1	2	3	4	5	TOTAL
ALTERNATIVA	10%	25%	15%	30%	20%	100%
	10 1	40 10	20 3	20 6	30 6	26
	30 3	40 10	20 3	30 9	40 8	30
	30 3	10 2.5	20 3	30 9	30 6	23.5
						



Alternativa seleccionada

2.7.4 SISTEMA DE EXTRUSION

Como se dijo anteriormente, es aquí donde se encuentra el "corazón de la máquina". Este sistema requiere de un mecanismo por medio del cual se obligue al material a pasar a través de una malla filtrante. Existen un buen número de posibilidades para obtener lo anterior, sin embargo, se tomó como criterio principal la fácil manufactura de modo que todas sus piezas sean fácilmente reemplazadas.

Parámetros de diseño.	Valor
	(%)
1.- Fácil manufactura	25
2.- Carcasa ajustable a la carcasa de alimentación	15
3.- Carcasa ajustable al sistema de peletizado	15
4.- Presión de extrusión	20
5.- Evitar contraflujo	25

Alternativas de solución

ALTERNATIVA 1

- Gusano con paso variable, profundidad constante, con punta en "v", carcasa con diámetro constante (Figura 2.18)

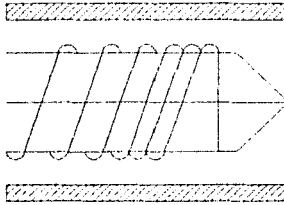


Figura 2.18

ALTERNATIVA 2

- Gusano con paso constante y profundidad variable, carcasa de paso constante y punta en escalón (Figura 2.19)

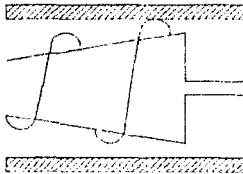


Figura 2.19

ALTERNATIVA 3

· Gusano de paso y profundidad constante, punta en "v", carcasa de diámetro variable (Figura 2.20)

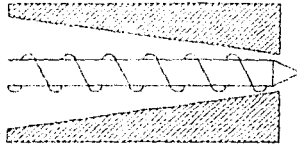






Figura 2.20

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la siguiente página

ALTERNATIVA	CRITERIO	1	2	3	4	5	TOTAL
		25%	15%	15%	20%	25%	100%
		30 7.5	20 3	30 4.5	30 6	30 7.5	28.5
		20 5	20 3	50 7.5	50 10	20 5	30.5
		30 7.5	20 3	50 4.5	20 4	10 2.5	21.5
							



Alternativa seleccionada

2.7.5 SISTEMA DE PELETIZADO

El sistema de peletizado deberá ser capaz de dar la forma final a la mezcla de piensos compuestos. De igual modo que para el sistema de extrusión, existen un buen número de soluciones. Aquí el criterio mas importante fue El evitar los taponamientos.

Parámetros de diseño.	Valor
	(%)
1.- Dureza final de los pelets	20
2.- Taponamientos	25
3.- Corte de los pelets	10
4.- Ajustable a la carcasa de extrusión	30
5.- Fácil manufactura	15

Alternativas de solución

ALTERNATIVA 1

- Camisa de dosificación, cortador en la punta del gusano, malla filtrante al final de la camisa de dosificación (Figura 2.21)

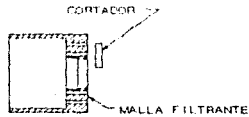


Figura 2.21

ALTERNATIVA 2

- Sin camisa de dosificación, malla filtrante directa a la carcasa de extrusión, cortador en la punta del gusano (Figura 2.22)

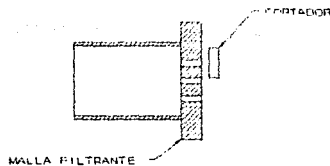




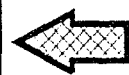


Figura 2.22

Selección de la mejor alternativa

En base a las restricciones de diseño, se generó la matriz de decisión que se muestra en la siguiente página.

OPCIÓN	CATEGORÍA					TOTAL
	1	2	3	4	5	
ALTERNATIVA	20%	25%	10%	30%	15%	100%
	30 5	40 10	20 2	40 12	30 4.5	34.5
	20 4	30 7.5	20 2	30 9	40 6	28.5
						
						



Alternativa seleccionada

2.7.6 MEMORIA DE CALCULO

Es en este punto en donde se determinarán las propiedades del material a extruir que a saber son: la viscosidad dinámica y la densidad. En base a las dos características anteriores se podrán determinar los parámetros geométricos y operacionales de la máquina así como los valores del gasto, potencia y presión.

2.7.6.1 DETERMINACION DE PROPIEDADES DEL MATERIAL

A. EXTRUIR

Para poder hacer los cálculos de potencia, gasto, y producción, se requiere conocer las propiedades físicas del material a extruir.

La composición de una dieta de una vaca (ver apéndice C) es la siguiente:

23 % soya en polvo o harina

75 % sorgo en polvo o harina

2 % aglomerantes (aceite, grasa, melaza, agua,
etc)

Para el presente trabajo se utilizó: sorgo molido, harina de soya y como aglomerante piloncillo. Agregando agua a 60 C se obtiene la mezcla de piensos compuestos la cual constituye el material a extruir.

* DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD DINAMICA (μ)

La mezcla de piensos compuestos es una pasta no Newtoniana. Lo anterior significa que su viscosidad cambia con

respecto a la temperatura y con respecto a la velocidad de corte, por lo que es necesario determinar experimentalmente su viscosidad. Utilizando un viscosímetro Engler * [11] se hicieron las siguientes pruebas:

- A 2 rpm con un factor de 20M

donde: $M = 1000$

20M = factor que está en función del disco utilizado [referencia 11].

En la siguiente tabla se tiene en el primer renglón los eventos realizados y en el segundo renglón la lectura obtenida en el viscosímetro, todavía sin incluir el factor. La columna de X_m es el promedio de las lecturas.

1	2	3	4	5	X_m
11.5	15	10.5	12.5	14.5	12.8

* Se utilizó el viscosímetro Engler con que cuenta la Facultad de Ingeniería en el Departamento de Fluidos y Térmica.

Una vez obtenido el valor medio de las lecturas, se multiplicó por el factor correspondiente, en este caso 20000.

$$\mu = (12.8 * 20000)$$

$$\mu = 256000 \text{ [cP]}$$

Se tomaron lecturas a 2, 4, 10 y 20 rpm siguiendo el mismo procedimiento anteriormente descrito.

• A 4 rpm con un factor de 10M

1	2	3	4	5	6
16	22	14	17	19	17.6

$$\mu = (17.6 * 10000)$$

$$\mu = 176000 \text{ [cP]}$$

• A 10 rpm con un factor de 4M

1	2	3	4	5	6
34.5	41.5	29.5	30	35	34.1

$$\mu = (34.1 * 4000)$$

$$\mu = 136400 \text{ [cP]}$$

- A 20 rpm con un factor de 2M

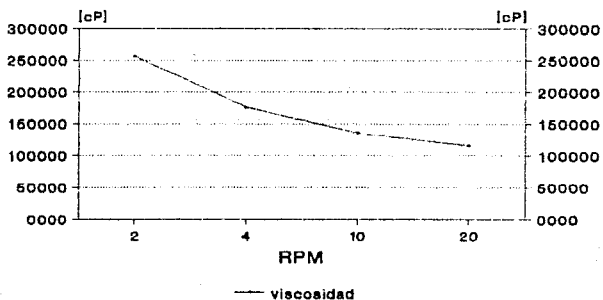
1	2	3	4	5	6
62.5	69.5	51	50.5	57	58.1

$$\mu = (58.1 * 2000)$$

$$\mu = 116200 \text{ [cP]}$$

A continuación se presenta la gráfica correspondiente a el comportamiento de la viscosidad con respecto a las rpm.

VISCOSIDAD V. S. R. P. M



donde:

D = diámetro mayor o de cresta a cresta

d = diámetro menor o de valle a valle

e = ancho del filete

t = paso del husillo

ϕ = ángulo de la hélice

δ = huelgo radial entre la cresta del filete y
la carcasa de alimentación

h = profundidad en la zona de extrusión

Para la determinación de dichos parámetros geométricos, se utilizaron las siguientes ecuaciones empíricas [referencia 12]:

$$t = \lambda_t * D \quad 0.8 \leq \lambda_t \leq 1.2 \quad \dots\dots (2.1)$$

$$e = \lambda_e * D \quad 0.06 \leq \lambda_e \leq 0.15 \quad \dots\dots (2.2)$$

$$h = \lambda_h * D \quad 0.05 \leq \lambda_h \leq 0.16 \quad \dots\dots (2.3)$$

$$L_e = \lambda_{L_e} * D \quad 0.4 \leq \lambda_{L_e} \leq 0.6 \quad \dots\dots (2.4)$$

$$\delta = \lambda_\delta * D \quad 0.01 \leq \lambda_\delta \leq 0.02 \quad \dots\dots (2.5)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{t}{2\pi * Rm}\right) \quad \dots\dots (2.6)$$

Donde:

λ_n : factor empírico

D : diámetro mayor o de cresta a cresta

d : diámetro menor o de valle a valle

t : paso del husillo

e : ancho de la cresta del gavilán

h : profundidad del canal helicoidal (en la zona de extrusión)

L : longitud total ^[f_i] del husillo

Le : longitud de la zona de extrusión

δ : huelgo radial entre la cresta del gavilán del husillo y la carcasa de extrusión

φ : ángulo de la hélice

Como podemos observar, todos los parámetros geométricos están en función del diámetro "D" y la longitud "L". Por otro lado, para fijar "D" y "L", se consideraron los equipos existentes. En la tabla I se pueden observar valores de "D", "t", "h" y "e" comúnmente utilizados.

En este punto es importante señalar que los parámetros que deseamos obtener son potencia y producción de la máquina y que todos los demás parámetros se tendrán que variar hasta obtener los valores deseados.

El proceso anterior requirió de un proceso iterativo. Auxiliándome con una calculadora programable se "jugó" con los parámetros hasta obtener una potencia no mayor a 2 HP y una producción de 100 Kg/h.

El proceso iterativo consistió en lo siguiente:

1.- Se fijaron valores para "D", "N" y "L", en base a equipos existentes. Tabla I

- 2.- Se determinaron los parámetros geométricos. Ecuaciones 2.1 a 2.6
- 3.- Se determinaron la presión, el gasto y la potencia de la máquina. Ecuaciones 2.7, 2.9 y 2.10
- 4.- En base a la densidad se obtuvo la producción de la máquina. Ecuación 2.8

A continuación se presenta la iteración definitiva:

$$D = 35 \text{ [mm]}$$

$$L = 533.4 \text{ [mm]}$$

* PASO DEL HUSILLO (t)

$$t = \lambda_t * D$$

$$t = (1.143) (35)$$

$t = 40 \text{ [mm]}$

donde $\lambda_t = 1.143$ $0.8 \leq 1.143 \leq 1.2$

* ANCHO DE LA CRESTA DEL GAVILAN (e)

$$e = \lambda_e * D$$

$$e = (0.12) (35)$$

$$e = 4.2 \text{ [mm]}$$

* PROFUNDIDAD DEL CANAL HELICOIDAL EN LA ZONA DE EXTRUSION (h)

$$h = \lambda_h * D$$

$$h = (0.083) (35)$$

$$h = 2.9 \text{ [mm]}$$

* LONGITUD DE LA ZONA DE EXTRUSION (L_e)

$$L_e = \lambda_{L_e} * D$$

$$L_e = (0.525) (533.4)$$

$$L_e = 280 \text{ [mm]}$$

* HUELGO RADIAL ENTRE LA CRESTA DEL GAVILÁN Y LA CARCASA DE
EXTRUSION (δ)

$$\delta = \lambda_\delta * D$$

$$\delta = (0.014) (35)$$

$$\delta \doteq 0.5 \text{ [mm]}$$

* ANGULO DE LA HELICE (ϕ)

$$\phi = \arctan\left(\frac{40}{\pi(Dm)}\right)$$

donde: $Dm = (D-h)$

$$Dm = 35 - 2.9 = 32.1$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{40}{\pi(32.1)}\right)$$

$$\phi = 21.636^\circ$$

* CALCULO DEL COEFICIENTE DE LA FORMA GEOMETRICA DE LA MALLA

FILTRANTE

Para el sistema de peletizado se requiere determinar el coeficiente de la forma geométrica de una malla filtrante "K", el cual se determina dependiendo de la forma, el número de agujeros, y la longitud y el diámetro de los mismos [referencia 13]. Para mi caso dicho factor "K" se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\pi * n_1 * d_0^4}{128 * b}$$

donde:

n1: cantidad de orificios

d0: diámetro de los orificios

b: espesor de los orificios

Los valores n1, d0 y b se determinaron en función de la facilidad de manufactura y por medio de iteraciones. Debido a que las iteraciones fueron muchas y a que la presente memoria de cálculo es un resumen, solo se presentan los valores definitivos.

$$K = \frac{\pi (18) (3.175)^4}{(128) (17.463)}$$

$$K = 2.571 \times 10^{-9} [m^3]$$

2.7.6.3 CALCULO DE PARAMETROS OPERACIONALES DEL HUSILLO

Se entiende por parámetros operacionales las condiciones de funcionamiento del husillo y de la máquina en general, y son los siguientes: presión, gasto, y potencia.

Como se mencionó anteriormente, las rpm se definieron en función a equipos existentes y a iteraciones. El valor de "N" es:

$$N = 20 [rpm] = 2.094 [s^{-1}]$$

* CALCULO DE LA DIFERENCIA DE PRESIONES GENERADA POR LA MAQUINA

(Prk)

Utilizando la siguiente ecuación [referencia 1], tenemos:

$$P_{rk} = \frac{\frac{\pi^2}{2} D^2 N \operatorname{sen}\phi \operatorname{cos}\phi \mu h}{K + \frac{\pi D h^3 \operatorname{sen}^2\phi}{12 L e}} \dots\dots (2.7)$$

$$P_{rk} = \frac{\frac{\pi^2}{2} (35 \times 10^{-3})^2 (2.094) (0.369) (0.930) (116.2) (2.9 \times 10^{-3})}{2.571 \times 10^{-9} + \frac{\pi (35 \times 10^{-3}) (2.9 \times 10^{-3})^3 (0.369)^2}{(12) (533.4 \times 10^{-3})}}$$

$P_{rk} = 556.4 \text{ [KPa]}$

* CALCULO DEL GASTO (QL)

Para el cálculo de QL [referencia 1], tenemos:

$$QL = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 N h \operatorname{sen}\phi \operatorname{cos}\phi \dots\dots (2.8)$$

Sustituyendo valores:

$$QL = \frac{\pi^2}{2} (35 \times 10^{-3})^2 (2.094) (2.9 \times 10^{-3}) (0.369) (0.930)$$

$QL = 12.6 \times 10^{-6} \text{ [m}^3/\text{s]}$

Para obtener la producción de la máquina, tenemos:

$$\text{Producción} = QT + \rho \dots (2.9)$$

donde:

ρ : densidad

QT : flujo total

de donde:

$$QT = QL - \frac{\pi D h^3 \text{sen}^2 \phi P_{rk}}{12 \mu L} - \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \text{tan} \phi P_{rk}}{12 \mu e L}$$

$$\frac{\pi D h^3 \text{sen}^2 \phi P_{rk}}{12 \mu L} =$$

$$= \frac{\pi (35 \times 10^{-3}) (2.9 \times 10^{-3})^3 (0.369)^2 (556.4 \times 10^3)}{(12) (116.2) (533.4 \times 10^{-3})}$$

$$= 273.2 \times 10^{-9} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$\frac{\pi^2 d^2 \delta^3 \text{TAN} \phi P_{rk}}{12 \mu e L} =$$

$$= \frac{\pi^2 (35 \times 10^{-3})^2 (0.5 \times 10^{-3})^3 (\text{tan})}{(12) (116.2) (4.2 \times 10^{-2})}$$

$$= 106.8 \times 10^{-9} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$QT = 12.6 \times 10^{-6} - 273.2 \times 10^{-9} - 106.8 \times 10^{-9}$$

$$QT = 12.2 \times 10^{-6} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Como ya se dijo:

$$\text{Producción} = QT \cdot \rho$$

luego:

$$\text{Producción} = (12.2 \times 10^{-6}) (3059.01)$$

$$= 37.33 \times 10^{-6} \text{ [Kg/s]}$$

$$= 2.24 \text{ [Kg/min]}$$

$$= 134.4 \text{ [Kg/h]}$$

*. CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA (WP)

$$WP = \frac{\pi^3 D^3 N^2 L \mu}{h} + \frac{QL P_{rk}}{\cos^2 \phi} + \frac{\pi^2 D^2 N^2 e L \mu}{\delta \tan \phi} \dots (2.10)$$

Sustituyendo valores:

$$WP = \frac{\pi^3 (35 \times 10^{-3})^3 (2.094)^2 (533.4 \times 10^{-3}) (116.2)}{2.9 \times 10^{-3}} +$$

$$+ \frac{(12.6 \times 10^{-6}) (556 \times 3)}{(0.930)^2} +$$

$$+ \frac{\pi^2 (35 \times 10^{-3})^2 (2.094)^2 (4.2 \times 10^{-3}) (533 \times 10^{-3}) (116.2)}{(0.5 \times 10^{-3}) \tan(21.636)}$$

$$W_p = 202.3 \text{ [W]}$$

$$W_p = 0.2713 \text{ [HP]}$$

* CALCULO DEL MOMENTO FLEXIONANTE

Debido a que las rpm con las que trabaja la máquina son bajas, esto es 20 rpm, las fuerzas dinámicas son despreciables. Se analizará al husillo como una flecha estática, es decir, se hará un análisis de fuerzas estáticas. A continuación se presenta el diagrama de cuerpo libre del husillo.

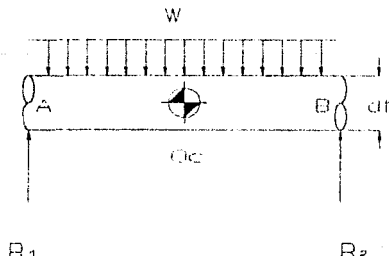


Figura 2.24. Diagrama de cuerpo libre del husillo

"M" dependerá únicamente del peso del husillo. En la figura 2.25 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la sección que va desde "A" hasta "Oc".

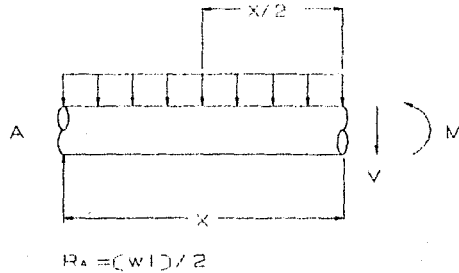


Figura 2.25

Tomando momentos con respecto a "Oc", encontramos que:

$$M = \frac{1}{2} w Lx - \frac{1}{2} w x^2$$

donde $x = \frac{L}{2}$ $L = 533 \times 10^{-3} [m]$

$$w = 2 [Kg] = 19.61 [N]$$

$$M = \frac{w x}{2} (L - x)$$

$$M = \frac{(19.61)(266.7 \times 10^{-3})}{2} (533.4 \times 10^{-3} - 266.7 \times 10^{-3})$$

$$M = 697.4 \times 10^{-3} \text{ [N*m]}$$

* CALCULO DEL MOMENTO TORSIONANTE (T)

Sabemos que:

$$\text{Potencia} = T * \Omega$$

donde:

W_p : potencia [W]

Ω : velocidad angular [s^{-1}]

$$T = \frac{202.3}{2.094}$$

$$T = 96.61 \text{ [N*m]}$$

* SELECCION DE MATERIAL

El material deseable para construir un husillo es el acero inoxidable, esto debido a que estará en un ambiente con alto

contenido de humedad (mayor al 40 %). Sin embargo, el acero inoxidable presenta algunos inconvenientes como lo son: el acero inoxidable es notoriamente mas costoso, , el proceso de soldar acero inoxidable requiere de métodos de soldadura especiales. Por otra parte, la construcción de la presente máquina se llevó a cabo sin ningún tipo de financiamiento, razón por la cual los materiales y los procesos de manufactura debieron escogerse en función de los costos mas bajos.

Dadas las condiciones anteriormente mencionadas, así como las propiedades deseables en el material, se seleccionó un acero SAE 4140 (S_y = Resistencia a la fluencia = 434.07 [MPa] S_c = Resistencia al cortante = 217.18 [MPa]). Es importante señalar que este tipo de material requerirá un proceso de recubrimiento con cromo duro.

* DETERMINACION DEL FACTOR DE SEGURIDAD

La selección del factor de seguridad depende muchas de las veces de experiencias en diseños similares, en normas o en base a respuestas de las siguientes preguntas:

- Si se trata de un motor eléctrico ¿se han considerado el par de frenado y el par de arranque?
- ¿Cuales son las consecuencias de la falla de el elemento o pieza?

Podemos considerar al husillo como un eje de transmisión de potencia, por lo que el factor de seguridad será similar a los factores de seguridad utilizados en el diseño de flechas.

En el cálculo de flechas el factor de seguridad se calcula mediante la siguiente ecuación [2]:

$$n_{fs} = \frac{\text{resistencia a la fluencia}}{\text{resistencia al cortante}}$$

$$n_{fs} = \frac{434.07}{217.18} = 1.999$$

$n_{fs} \doteq 2$

* CALCULO DEL DIAMETRO MINIMO ADMISIBLE DE LA FLECHA (df)

Para el cálculo de "df" se utilizaron dos teorías comúnmente utilizadas para el diseño de flechas, dichas teorías son: A) teoría de la energía de distorsión y B) teoría del esfuerzo cortante máximo [2].

A) Según la teoría de la energía de distorsión, "df" se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$d_f = \left[\frac{32 n_{fs}}{\pi S_y} (M^2 + \frac{3T^2}{4})^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_f = \left[\frac{32(2)}{\pi(434.07 \times 10^6)} ((697.4 \times 10^{-3})^2 + \frac{3(96.61)^2}{4})^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_f = 15.78 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

B) Según la teoría del esfuerzo cortante máximo, tenemos:

$$d_f = \left[\left(\frac{32 (n_{fs})}{\pi S_y} \right) (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_f = \left[\left(\frac{32(2)}{\pi (434.07 \times 10^6)} \right) ((697.4 \times 10^{-3})^2 + (96.61)^2)^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$d_f = 16.55 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

Como podemos observar, la teoría de la energía de distorsión nos restringe mas. Puedo concluir que el diámetro "df" de la flecha tiene que ser cuando menos de 15 [mm].

* SELECCION DEL RODAMIENTO DE CARGA AXIAL

Para seleccionar el rodamiento es necesario conocer la carga axial que se genera debido al empuje del material.

Sabemos que:

$$P = \frac{F}{A} \quad \rightarrow \quad F = P * A$$

además:

$$\Delta P = P_{rk} = 556.4 \text{ [KPa]} \quad (\text{calculado anteriormente})$$

considerando un área de:

$$A = \frac{\pi}{4} (69 \times 10^{-3})^2$$

$$A = 3.739 \times 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]}$$

la fuerza axial será:

$$F = P \cdot A = (556.4 \times 10^3) (3.739 \times 10^{-3})$$

$$F = 2080.38 \text{ [N]}$$

En la siguiente figura podemos observar la dirección y el sentido de la fuerza axial.

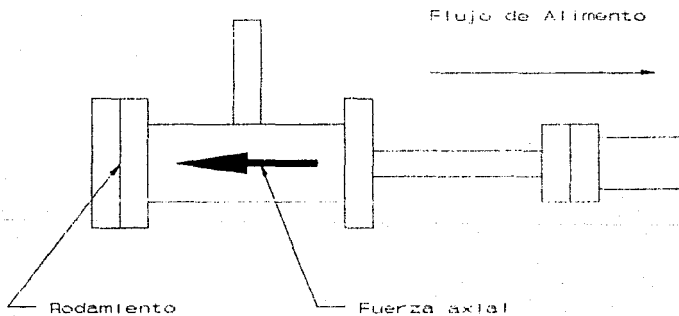


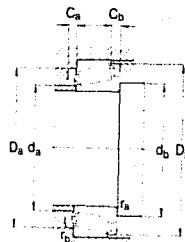
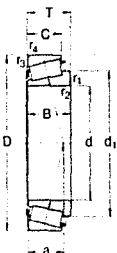
Figura 2.26

Utilizando el catálogo general SKF se seleccionó el rodamiento para carga axial:

K - 43131 - cono

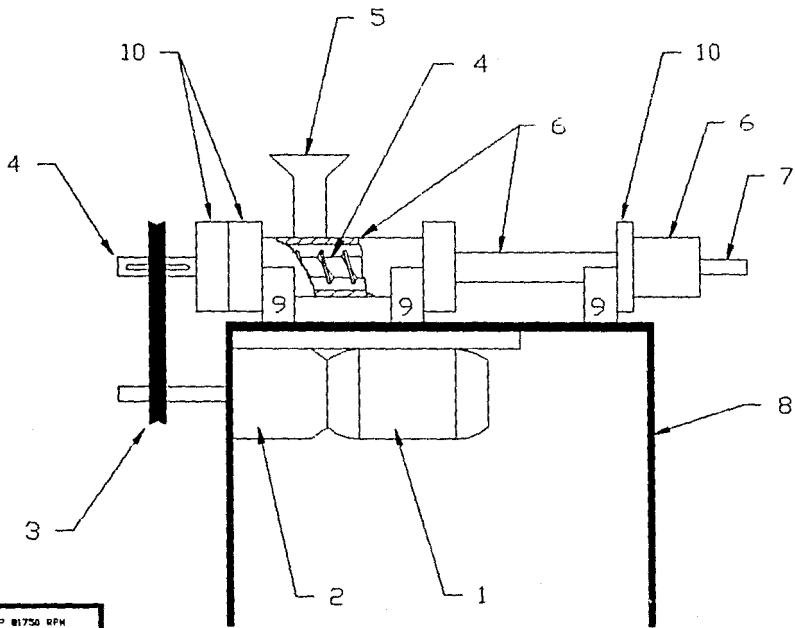
K - 43312 - copa

En la página siguiente se muestra una copia de dicho manual de rodamientos SKF, en donde podemos apreciar las dimensiones y parámetros del rodamiento.



Dimensiones principales			Capacidad de carga dinám.	Carga límite de fatiga	Velocidad nominal	Masa	Designaciones Cond./copp.	Serie
d	D	T	C	P _N	r/min	kg	-	-
30,162 1,1875	64,292 2,5312 68,262 2,1875 71,262 2,6875	21,433 0,8438 22,225 0,8750 22,225 0,8750	49 500 55 000 55 000	61 000 69 500 69 500	6 000 7 600 7 800	6 000 7 500 8 000	K-M 86649/K-M 86610 K-M 88043/K-M 88010 K-M 88043/K-M 88011	M 86649 M 88043 M 88043
30,213 1,1895	62,600 2,4469 63,500 2,5000	19,050 0,7500 20,638 0,8125	48 400 48 400	57 000 57 000	6 000 6 300	6 000 8 900	K-15118/K-15245 K-15118/K-15250 X	15118 15118
31,750 1,2500	59,131 2,3286 62,930 2,4469 63,500 2,5000 66,421 2,6150 68,262 2,6875 69,611 2,7176 71,262 2,8125 73,025 2,8750 75,275 3,1250	15,875 0,6250 16,161 0,7150 19,749 0,7775 25,400 1,0000 22,225 0,8750 22,225 0,8750 29,370 1,1563 23,400 1,0000	34 700 48 400 48 400 55 000 55 000 69 500 55 000 69 500 70 400 67 100	41 500 57 000 57 000 69 500 69 500 81 500 81 500 81 500 81 500 71 000	4 400 6 000 6 000 7 800 7 800 9 150 7 800 7 800 5 000 8 300	6 300 8 500 6 000 8 000 8 000 8 500 7 500 7 500 6 700 6 700	K-LM 67048/K-LM 67010 K-15123/K-15245 K-15123/K-15250 X K-2580/K-2520 K-M 88046/K-M 88010 K-M 88046/K-M 88011 K-HM 88542/K-HM 88510 K-43125/K-43312	LM 67048 15123 15123 2580 M 88046 M 88046 HM 88542 43125
33,338 1,3125	68,262 2,5875 68,262 2,6875 69,611 2,7176 69,611 2,7176 72,085 2,8380 76,250 3,0000 79,375 3,1250	22,225 0,8750 22,225 0,8750 19,845 0,7613 19,845 0,7613 22,385 0,8813 29,370 1,1563 25,400 1,0000	55 000 55 000 53 900 53 900 53 900 78 100 78 100 81 600 5 000	69 500 69 500 67 000 67 000 67 000 106 000 106 000 8 300	7 800 7 800 7 350 7 350 7 350 11 600 11 600 5 000	7 500 7 500 7 500 7 500 7 500 6 300 6 300 8 700	K-M 88048/K-M 88010 K-M 88048/K-M 88011 K-14130/K-14274 K-14130/K-14276 K-14130/K-14283 K-HM 89443/K-HM 89410 K-43131/K-43312	M 88048 M 88048 14130 14130 14130 HM 89443 43131

Otras dimensiones		Dimensiones de resales										Factores de cálculo					
d	D	B	r _{1/2}	r _{1/3}	a	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	C ₁	C ₂	r ₁	r ₂	e	Y	Y ₀
30,162 1,1875	48 b	21,433 22,225 0,8750 22,225 0,8750	16,670 17,462 0,6675 17,462 0,6675	1,5 2,3 0,09 2,3 0,09	1,5 1,5 1,9 1,9	38 41 39,5 41	38 39,5 54 54	51 60,5 64 64	56,5 60,5 64 64	60 64 64 64	3 4,5 4,5 4,5	1 2 2 2	1 1 1 1	0,54 0,54 0,54 0,54	1,1 1,1 1,1 1,1	0,6 0,6 0,6 0,6	
30,213 1,1895	45 b	20,638 20,638 0,8125	14,298 15,875 0,6250	3,6 3,5 0,14	1,3 1,4 1,4	38 40 40	44,5 53 56	54 58 58	58 61 61	58 61 61	4,5 4,5 4,5	3 3 3	1 1 1	0,35 0,35 0,35	1,7 1,7 1,7	0,9 0,9 0,9	
31,750 1,2500	44 b	16,764 0,6600 19,050 14,268 19,050 19,050 25,357 0,7500 20,618 0,8125 22,225 0,8750 27,663 0,9303 24,074 0,9478	11,811 0,4650 14,268 0,5625 16,764 0,6250 20,618 0,8125 17,462 0,6675 17,462 0,6675 23,020 0,9003 17,462 0,6675	3,6 0,14 1,3 0,16 1,5 1,6 0,06 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 0,05 1,5	1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3 1,3	38 39 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5 43,5	44,5 51 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56	54 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58	60,5 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64	64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54	1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1	0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6		
33,338 1,3125	43 b	22,225 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750 22,225 0,8750	17,462 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675 17,462 0,6675	0,8 0,8 0,03 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3 0,3	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5 1,5	41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41 41	44,5 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54 54	54 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5 60,5	64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64	64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64 64	3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54 0,54	1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1 1,1	0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6 0,6		



1- Motor de 2 HP @1750 RPM

2- Reductor de velocidad 30:1

3- Banda y poleas

4- Husillo

5- Tolva de alimentacion

6- Carcasas

7- Puerta

8- Mosa

9- Bases

10- Bridas

tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

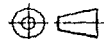
FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
PLANO DE CONJUNTO

ESCALA
S/E

ACOTACIONES
S/A



DISENO
D.P.D.

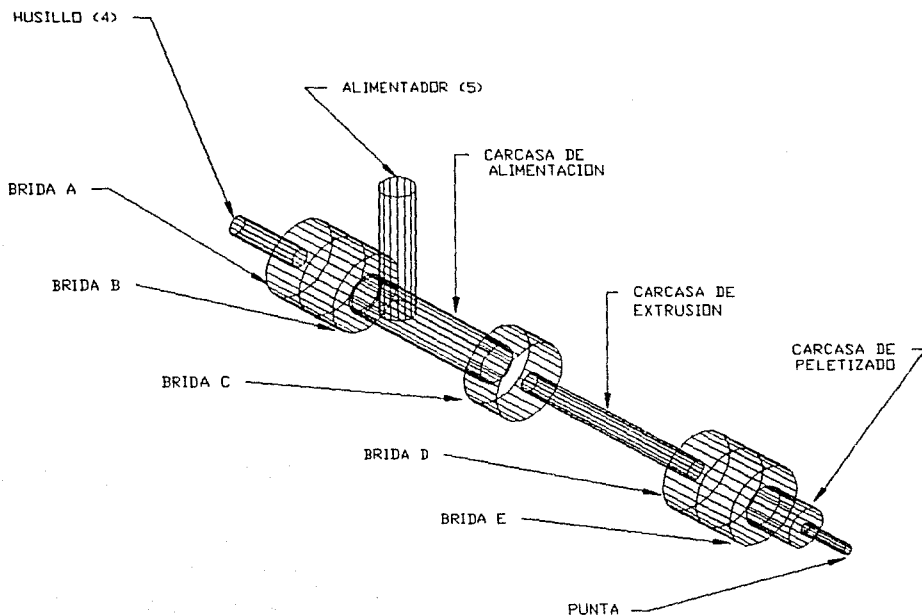
DIBUJO
D.P.D.

MAT.
SAE 4140

FECHA
17/06/93

RESP.
D.P.D.

PLANO
1



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
CONJUNTO 3D

DISENO
D.P.D.

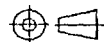
DIBUJO
D.P.D.

FECHA
17/06/93

RESP.
D.P.D.

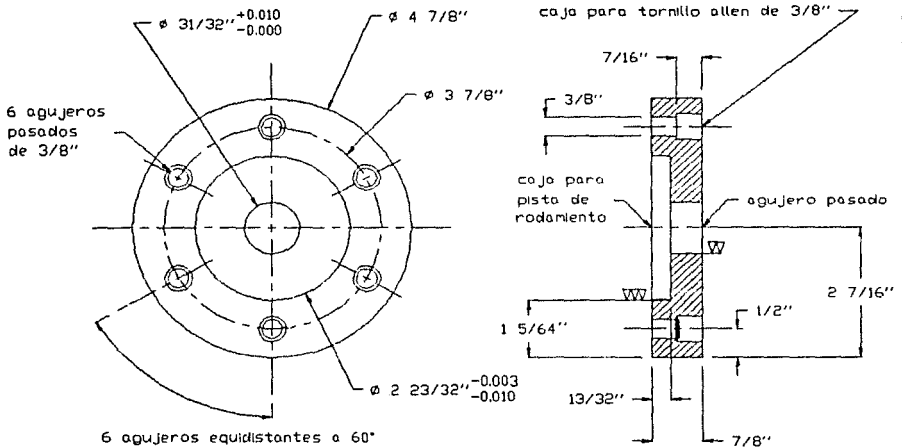
ESCALA
S/E

ACOTACIONES
S/A



MAT.
SAE 4140

PLANO
2



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
BRIDA "A"

DISEÑO
O.P.O.

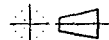
FECHA
17/06/93

DIBUJO
O.P.O.

RESP.
O.P.O.

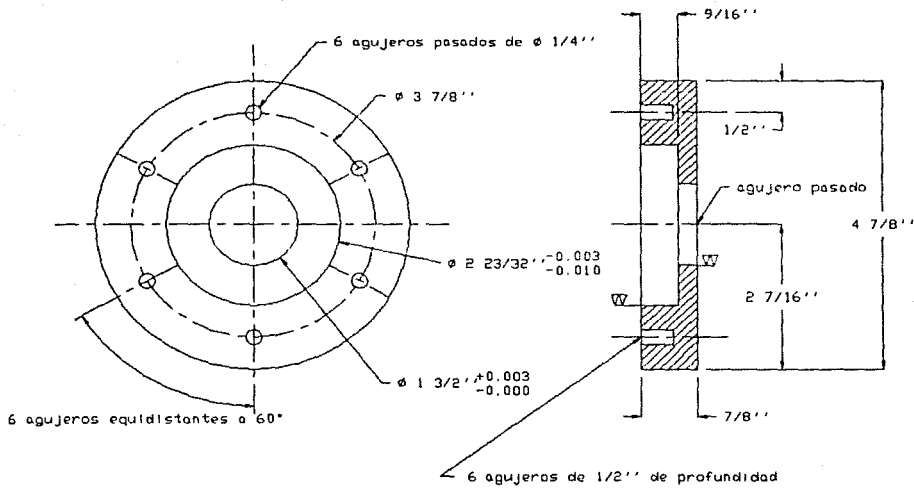
ESCALA
1/2

ACOTACIONES
PULG



MAT.
SAE 4140

PLANO
3



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
BRIDA "B"

DISENO
O.P.O

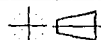
FECHA
17/06/93

DIBUJO
O.P.O

RESP.
O.P.O

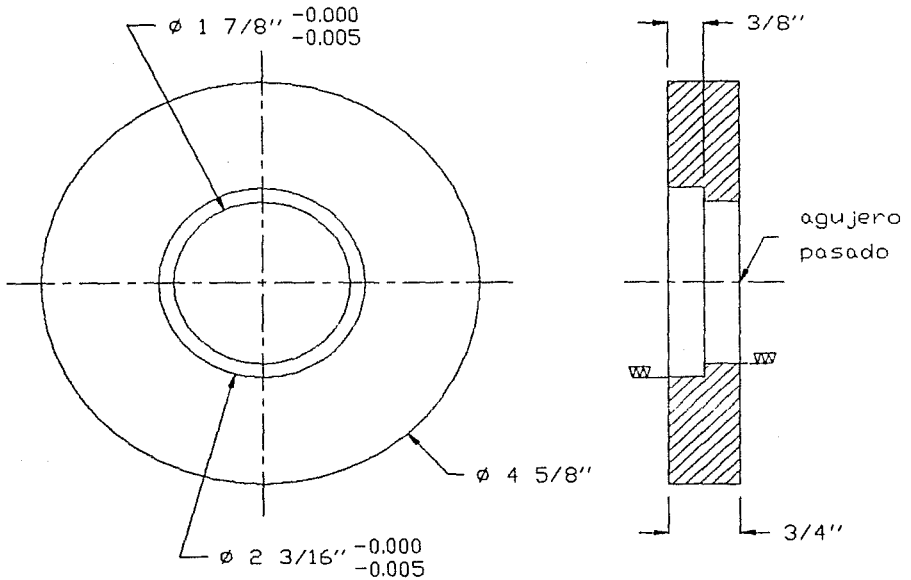
ESCALA
1:2

ACOTACIONES
PULG



MAT.
SAE 4140

PLANO
4



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

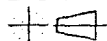
FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
BRIDA "C"

ESCALA
1:2

ACOTACIONES
PULG



DISEÑO
D.P.O.

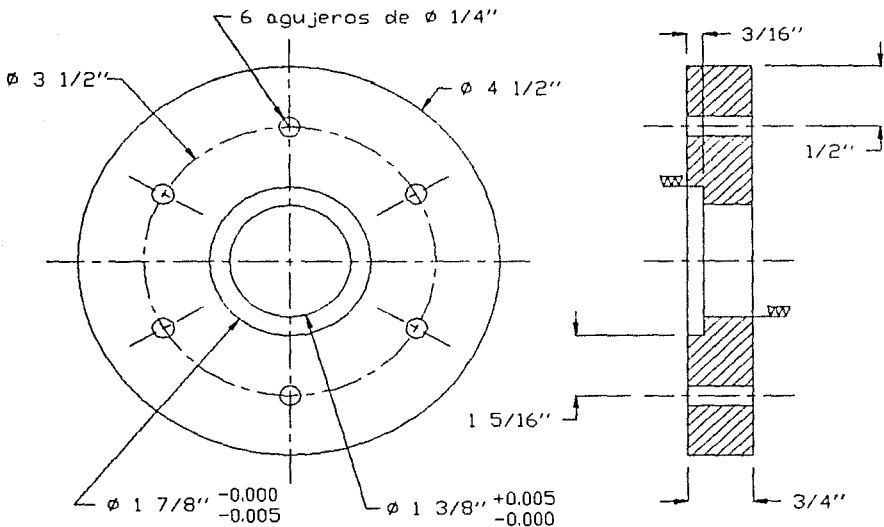
DIBUJO
D.P.O.

MAT.
SAE 4140

FECHA
17/06/93

RESP.
D.P.O.

PLANO
5



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
BRIDA "D"

DISENO
O.P.O

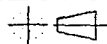
DIBUJO
O.P.O

FECHA
17/06/93

RESP.
O.P.O

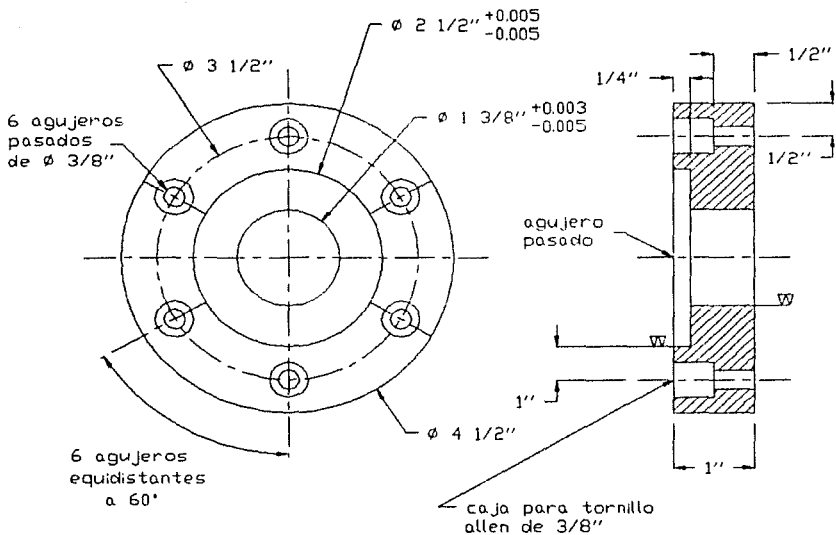
ESCALA
1:2

ACOTACIONES
PULG



MAT.
SAE 4140

PLANO
6



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
BRIDA "E"

DISENO
D.P.O.

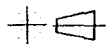
DIBUJO
D.P.O.

FECHA
17/06/93

RESP.
D.P.O.

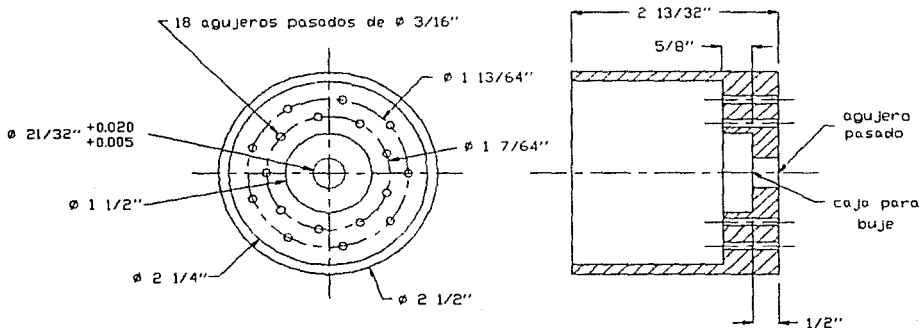
ESCALA
1:2

ACOTACIONES
PULG



MAT.
SAE 4140

PLANO
7



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$

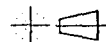


PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
CARCASA PELETIZADORA

ESCALA
 1/2

ACOTACIONES
 PULG



DISEÑO
 O.P.O.

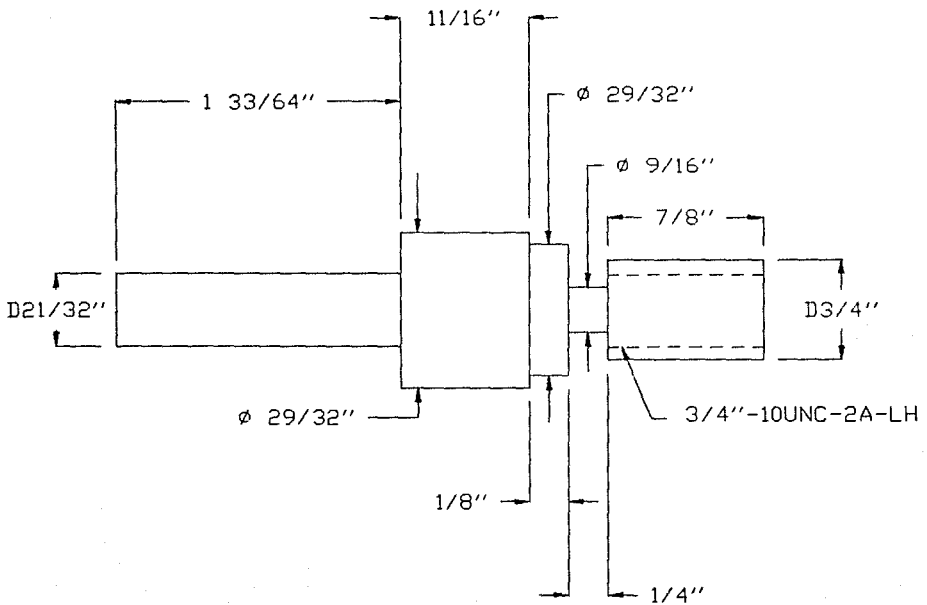
DIBUJO
 O.P.O.

MAT.
 SAE 4140


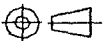
FECHA
 17/06/93

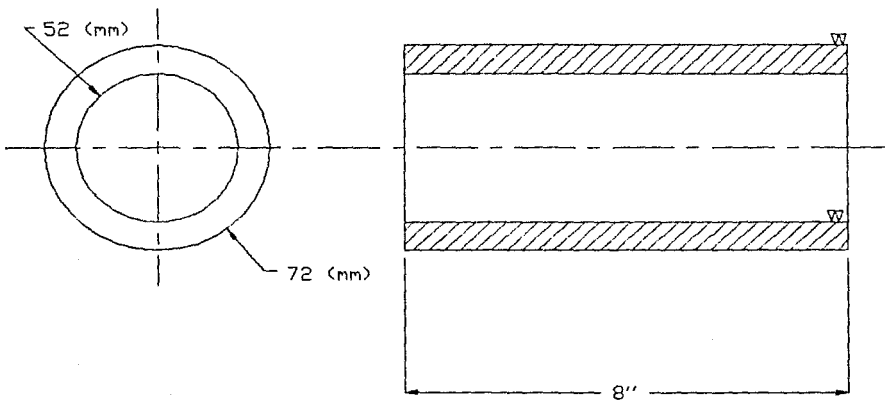
RESP.
 O.P.O.

PLANO
 8



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$

 cdm FI-UNAM	PROYECTO MAQ. EXTRUSORA		ESCALA 1:2
	TITULO PUNTA...		ACOTACIONES PULG
			
	DISEÑO O.P.O.	DIBUJO O.P.O.	MAT. SAE 4140
FECHA 17/06/93	RESP. O.P.O.	PLANO 9	



tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$



cdm

FI-UNAM

PROYECTO
MAQ. EXTRUSORA

TITULO
CARCARA ALIMENTACION

DISEÑO
D.P.O

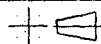
DIBUJO
D.P.O

FECHA
17/06/93

RESP.
D.P.O

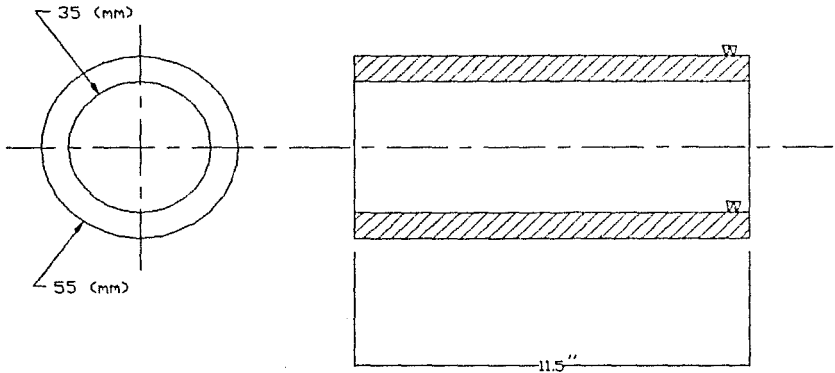
ESCALA
1:2

ACOTACIONES
PULG


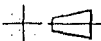


MAT.
SAE 4140

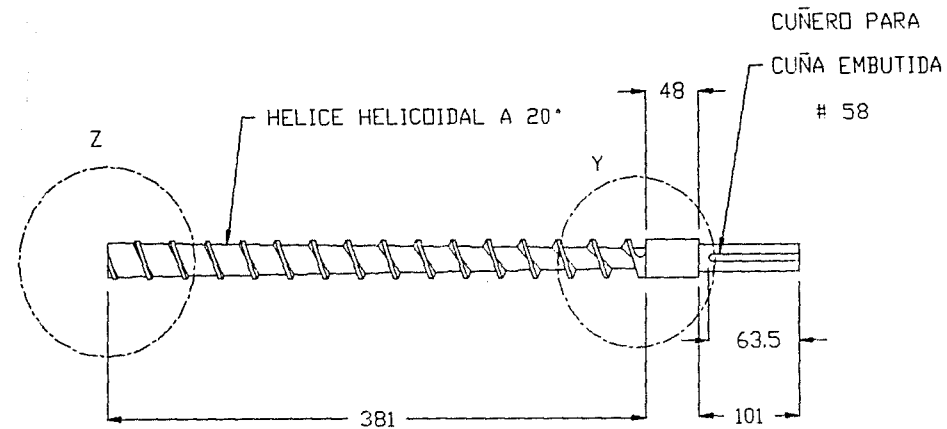
PLANO
10



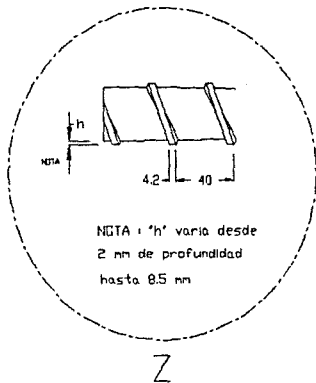
tolerancias no indicadas $\pm 0.030''$

	PROYECTO MAQ. EXTRUSORA		ESCALA 1:2
	TITULO CARCASA EXTRUSION		ACDTACIONES PULG
			
	DISEÑO O.P.O.	DIBUJO O.P.O.	MAT. SAE 4140
FECHA 17/06/93	RESP. O.P.O.	PLANO 11	

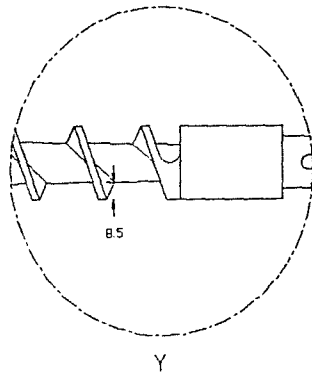
PROYECTO MAQ. EXTRUSORA		ESCALA 1:10	
TITULO HUSILLO		ACOTACIONES mm	
DISEÑO D.P.D.	DIBUJO D.P.D.	MAT. SAE 4140	PLANO 12
FECHA 17/06/93	RESP. o.p.o.		



tolerancias no indicadas $\pm 0,030''$



NOTA: "h" varía desde
 2 mm de profundidad
 hasta 8.5 mm



CAPITULO

3

CAPITULO 3

DESEMPEÑO DE LA MAQUINA

3.1 DESEMPEÑO DE LA MAQUINA

Después de realizar las pruebas a la máquina, se obtuvieron los siguientes resultados:

Gasto=

Producción=

Consistencia de los pelets.-

CAPITULO

4

CAPITULO 4

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS.

Analizando los resultados del desempeño de la máquina pude observar que la dureza de los pelets varía en función del % de agua que contenga la mezcla. Lo anterior puede llegar a ser un problema para el manejo de dichos pelets. Como se mencionó desde el principio de la tesis, los pelets deberán ser sometidos inmediatamente a un proceso de secado o ser utilizados en un lapso de tiempo no mayor a 20 hrs.

El bajo número de componentes de la máquina, el diseño sencillo, la producción obtenida, y el volumen ocupado por la misma nos señalan que se alcanzó el objetivo deseado.

Cabe señalar que aunque se seleccionó un motor trifásico, se puede acoplar fácilmente un motor monofásico o incluso un sistema manual. El tamaño de la máquina permite que sea portátil y no ocupa un gran espacio.

Por otro lado, el tamaño de los pelets fue de 1/4'' de diámetro. Este tamaño puede ser diferente si se hace un roscado exterior a la camisa dosificadora y se construye otra malla filtrante con rosca interior y el diámetro de los agujeros del tamaño deseado. Generalmente son pelets mas pequeños de hasta 3/16'' ó 1/8''.

CONCLUSIONES.

El desarrollar tecnología propia es la estrategia necesaria e indicada para confrontar el TLC (Tratado de libre comercio con Canadá y Estados Unidos). Con el diseño y construcción de la máquina extrusora de alimento para ganado, se pretende sustituir equipos de importación lo cual se cubrió dentro de los objetivos del presente trabajo. En el CDM (Centro de Diseño Mecánico) esta es la labor central y los proyectos que ahí se realizan son similares al proyecto aquí presentado.

El alcance de la máquina es modesto, sin embargo, es un prototipo en el cual se pueden seguir realizando pruebas y mejoras con miras a su comercialización masiva.

Otro aspecto importante es la fabricación. Pude comprobar que un diseño en papel pierde de vista un buen número de circunstancias que solo al llegar a la fabricación salen a la luz; sobre todo cuando se carece de experiencia como diseñador. Definitivamente como ingeniero es necesario conocer los procesos de fabricación, sin embargo, la fabricación es realizada por técnicos especializados. Ciertas partes de la máquina se tuvieron que realizar en la forma mas simple y económica ya que para su construcción no se contó con financiamiento alguno. Es necesario señalar que el prototipo actual requiere de un proceso de cromado en el husillo y dentro de las carcasas de alimentación y extrusión y no fue realizado por la misma razón

La metodología de diseño es una herramienta fundamental

para llevar a cabo un proyecto. Para mi caso esta metodología se ajusto plenamente al proyecto desarrollado. Además durante el desarrollo de la presente tesis pude comprobar que la metodología de diseño requiere de:

- Respetar la secuencia de las fases del proceso para evitar confusiones y falta de información en los pasos subsecuentes
- Entender y definir la necesidad efectiva del problema, así como identificar los parámetros y restricciones que lo determinan.
- No avanzar a otra fase del proceso de diseño mientras el anterior no se considere definido en su totalidad.
- Recordar que el proceso de diseño es iterativo y por lo tanto en muchas ocasiones se tendrá que retroceder sin que esto signifique que no se avanza.
- Fabricar modelos de laboratorio (prototipos) que confirmen mediante pruebas, que el criterio teórico tomado es correcto.

Por último, es mi deseo que a todos aquellos que por primera vez se den a la tarea de desarrollar un proyecto, encuentren en este trabajo una fuente de información por medio de la cual puedan obtener datos de consulta y utilizar estas experiencias para mejorar su formación profesional

Oscar Raúl

APENDICES

APENDICE "A"
GLOSARIO DE TERMINOS
ZOOTECNISTAS

Piensos compuestos.- Los piensos compuestos son diversos ingredientes (incluidos los macro y micro minerales, vitaminas y otros aditivos) molidos y mezclados en predeterminadas proporciones para confeccionar una dieta convenientemente equilibrada.

Ingredientes o materias primas.- Son los piensos simples de origen animal o vegetal que pueden o no haber sufrido algún tipo de tratamiento antes de su compra (como la harina de soya, por ejemplo). Los piensos simples raramente cubren todos los requerimientos nutritivos de los rumiantes, de ahí, la necesidad de formar piensos compuestos.

Piensos líquidos.- La principal materia prima utilizada en esta categoría es la melaza (subproducto de la industria azucarera de la remolacha y de la caña). Como ingrediente no resulta fácil de incorporar a los piensos compuestos. Esto provocando que en gran parte de los lugares donde se trabaja con melaza los depósitos de almacenamiento deben de ser calentados para lograr que el contenido fluya y pueda ser convenientemente medido por las bombas

dosificadoras. Esto convierte a la melaza en un material difícil de ser manejado los ganaderos.

Pelet.- Nombre que reciben los piensos compuestos al ser extruidos. Pueden tener diversas formas, dependiendo del tipo de máquina extrusora utilizada. Los más utilizados para la alimentación de vacas lecheras tienen forma de cilindro recto cuyos diámetros fluctúan entre 1/8'' y 3/16'' y su longitud varía entre 1/8'' y 1/2''.

Materias primas utilizadas en las dietas de rumiantes.-Una dieta típica de vacas lecheras consta de:

cereales	40%
subproductos cerealícolas	15%
proteínas vegetales	14%
proteínas animales	1%
forrajes	30%

A continuación se presenta una lista de las materias primas más utilizadas:

- Heno	- Harina de cacahuete
- Paja	- Harina de aguacate
- Remolacha forrajera	- Soya
- Cascarillas de trigo	- Harina de soya
-Turtó de cacahuete	- Sorgo
- Heno de alfalfa	- Alfalfa
- Salvado	- Copra

- Heno de trébol

- Cebada

- Maíz

- Linaza

- Coco

Turtós.- Nombre que reciben los residuos de la fabricación de aceites vegetales (algodón, cacahuete, copra, linaza, etc.

APENDICE "B"

EQUIPOS DE EXTRUSION EXISTENTES

MARCA	MODELO	PRODUCCION		POTENCIA CONSUMIDA [hp]
		3/16 [ton/h]	1/2 [ton/h]	
Simon	Heavy duty	2.00	4.00	40
	Master	1.50	2.00	30
	Century	3.50	6.00	55
	Hyflo	4.00	6.00	55
	Hyflo 68	5.00	7.00	68
	Century 75	5.00	8.00	75
	Century 100	7.50	10.00	100
Sizer	Orbit 20	0.75	1.00	20
	Orbit 70	3.00	4.00	70
	Orbit 120	4.00	6.00	85
	Orbit 200	6.00	10.00	100
	Orbit 300	6.00	12.00	120
Turner Heesen	Monoroll	1.00	1.50	25
	KPS 50	3.00	4.50	50
	TH 50	3.00	5.00	50
California Pellet Mill	Dual speed	12.00	15.00	125
	Floating Die	20.00	30.00	150
Sprout Waldron	Junior	2.00	3.50	25

MARCA	MODELO	PRODUCCION		POTENCIA CONSUMIDA [hp]
		3/16 [ton/h]	1/2 [ton/h]	
Buhler	Pellet Ace	7.50	10.00	80
Templewood	---	0.25	0.75	20
Wenger	---	7.50	10.00	80
Miag	---	2.50	4.00	60

APENDICE "C"
DIETAS TÍPICAS PARA VACAS
LECHERAS

Las siguientes son dietas para el consumo de una vaca lechera por día.

1.- MAIZ MOLIDO 1.160 Kg
AVENA MOLIDA 0.500 Kg
SALVADO DE TRIGO 0.200 Kg
HARINA DE SOYA 0.120 Kg
SAL 0.020 Kg

2.- MAIZ MOLIDO 1.130 Kg
AVENA MOLIDA 0.500 Kg
SALVADO DE TRIGO 0.200 Kg
HARINA DE LINAZA 0.150 Kg
SAL 0.020 Kg

3.- MAIZ MOLIDO 1.055 Kg
AVENA MOLIDA 0.500 Kg
SALVADO DE TRIGO 0.200 Kg
HARINA DE SOYA 0.225 Kg
SAL 0.020 Kg

4.-	CEBADA MOLIDA	1.000	Kg
	AVENA MOLIDA	0.560	Kg
	SALVADO DE TRIGO	0.200	Kg
	HARINA DE SOYA	0.220	Kg
	SAL	0.020	Kg
5.-	CEBADA MOLIDA	0.580	Kg
	AVENA MOLIDA	0.400	Kg
	SALVADO DE TRIGO	0.200	Kg
	HARINA DE SOYA	0.500	Kg
	HARINA DE LINAZA	0.300	Kg
	SAL	0.020	Kg
6.-	SORGO	0.250	Kg
	HARINA DE SOYA	0.700	Kg
	PILONCILLO	0.020	Kg
	AVENA MOLIDA	0.100	Kg

APENDICE D

USO Y MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA

MANTENIMIENTO

Debido a que la máquina no tiene mecanismos complejos, el mantenimiento consistirá en lavar perfectamente con agua el interior de las carcasas, de modo que no quede vestigio de mezcla.

El balero o rodamiento utilizado gira a muy bajas revoluciones por minuto, por lo que se vida útil está garantizada para por lo menos 150 000 horas de trabajo. Cabe señalar que el medio en el cual trabajará el rodamiento es con un alto porcentaje de agua, por lo cual, deberá cuidarse la correcta lubricación del mismo.

Otra parte importante a cuidar es el husillo o gusano. Esta es la pieza mas importante y costosa, estará sometida a fricción y es necesario desmontarla cuando menos cada 360 horas de trabajo para verificar que los gabilanes estén en óptimas condiciones.

Las demás partes de la máquina solo requieren de limpieza general y uso óptimo.

USO DE LA MAQUINA

Antes de hacer funcionar la máquina, es necesario que:

- Se verifique la tensión de la banda, ya que, en caso de estar destemplada, la polea se patinará.
- Se garantice que la mezcla no contenga sólidos mayores a 2 mm de diámetro
- Se debe evitar tratar de meter la mano por el alimentador, ya que el husillo puede lastimar la mano.

Los siguientes pasos describen el procedimiento adecuado para utilizar la máquina:

- 1.- Se vierte la mezcla por la tolva de alimentación hasta estar a punto de desbordarse.
- 2.- Se enciende la máquina.
- 3.- Se mantiene cerrado el alimentador con la placa deflectora.
- 4.- A medida que la mezcla empieza a avanzar hacia la carcasa de alimentación, se agrega mas mezcla.
- 5.- En el momento que comienzan a salir los primeros pelets, se recolectan en una charola.
- 6.- Se verifica la consistencia del pelet, es decir, si el pelet no es capaz de mantener su forma al ser presionado por otros pelets, es necesario reciclarlo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Extrusión de plásticos (teoría y equipos)
Ramón Anguita Delgado
Parte 1
Editorial: H. Blume ediciones

- 2.- Manual de Diseño Mecánico
Joseph Edward Shigley - Larry D. Mitchell
Tomos I,II,III,IV
Editorial: McGraw-Hill

- 3.- Mecánica de Materiales
Ferdinand P. Beer - E. Russell Johnston, Jr.
Editorial: McGraw-Hill

- 4.- Métodos Numéricos para Ingenieros
Steven C. Chapra - Raymond P. Canale
Editorial: McGraw-Hill

- 5.- Diseño de Máquinas (teoría y práctica)
Aaron D. Deutschman - Walter J. Michels
Editorial: CECSA

- 6.- Tecnología de la Fabricación de Piensos
Compuestos
N.O. Simmons
Editorial: Acribia

- 7.- Introducción a la Tecnología de la
Fabricación de Piensos
M. Dumontiel
Editorial: Acribia

- 8.- Introducción a la Reología de Alimentos
D.S. Dill y R.R. Linares
Editorial: Acribia

- 9.- Avances en la Alimentación de Vacuno y Ovino
P.N. Wilson y T.D. Brigstolke
Editorial: Acribia

- 10.- Alrededor de las Máquinas-Herramientas
Gerling
Editorial: Revertè, S.A.

- 11.- Métodos experimentales para ingenieros
Holman
Editorial: McGraw-Hill

12.- Interpretación de dibujo mecánico

Coover/Helsel

Editorial McGraw-Hill

13.- Extrusión de plásticos

Wilton H.Y.

Editorial acribia

14.- Dibujo de ingeniería

French/Vierck

Editorial McGraw-Hill