

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“Proyecto de Fabricación de una Máquina Desgranadora de Maiz, con una Capacidad de 4 Tons/Hora”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

VICTOR RAUL EGOAVIL LA TORRE

PROMOCION: 1988 - 2

LIMA . PERU . 1993

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

TITULO

PROYECTO DE FABRICACION DE UNA MAQUINA DESGRANADORA DE
MAIZ CON UNA CAPACIDAD DE 4 ton/h

AUTOR:

VICTOR RAUL EGOAVIL LA TORRE

PROMOCION 88 - 2

Tesis para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA

1993

CONTENIDO

	Pag
Prólogo	1
Capítulo I. Introducción.	2
Capítulo II. Estudio de las condiciones de operación de la máquina desgranadora.	5
2.1 Características y variedades de las mazorcas de maíz.	6
2.1.1 Estructura del grano de maíz.	6
2.1.2 Clasificación del maíz.	9
2.2 Operaciones a desarrollar por la máquina.	16
2.3 Condiciones del servicio.	18
Capítulo III. Ingeniería del producto.	21
3.1 Especificaciones para el proceso.	22
3.2 Modelos alternativos y partes constitutivas.	24
3.2.1 Desgranadora manual.	24
3.2.2 Máquina desgranadora de tambor batiente.	26
3.2.3 Máquina desgranadora estacionaria.	28
3.2.4 Máquina desgranadora con toma de tres puntos.	30

3.2.5	Selección del modelo a diseñar.	32
3.3	Diseño del gusano transportador.	37
3.3.1	Diseño del gusano transportador del grano.	37
3.3.2	Diseño del gusano transportador de la mazorca.	48
3.4	Diseño de elementos desgranadores.	56
3.5	Diseño de alimentadores y evacuadores.	60
3.5.1	Diseño de la tolva de alimentación.	60
3.5.2	Diseño del ventilador de evacuación.	65
Capítulo IV. Ingeniería del proceso.		70
4.1	Consideraciones constructivas.	71
4.2	Diagramas para la realización de la máquina desgranadora de maíz.	81
4.2.1	Diagrama del proceso.	82
4.2.2	Diagrama del flujo del proceso.	82
4.3	Especificaciones de equipos y máquinas necesarias.	94
4.4	Características de las máquinas y herramientas necesarias.	100
Capítulo V. Costos de fabricación.		105
5.1	Costos directos.	106
5.1.1	Materia prima.	106

5.1.2	Mano de obra.	107
5.1.3	Alquiler de equipos y herramientas a utilizar.	107
5.2	Costos indirectos.	115
5.2.1	Costos de producción.	115
5.2.2	Costos administrativos.	116
5.2.3	Costos financieros.	116
5.3	Márgenes y precio de venta.	123
	Conclusiones.	125
	Bibliografía.	127
	Anexos.	128
	Anexo 1. Determinación del peso específico aparente de la mazorca y grano.	129
	Anexo 2. Cálculo de la fuerza de desgrane.	131
	Anexo 3. Determinación del ángulo de reposo.	134
	Planos.	136
	Plano 1. Ensamble general.	
	Plano 2. Caja - ventilador y tolva. Detalles.	
	Plano 3. Gusanos: desgranador y transportador. Detalles.	
	Plano 4. Poleas y soportes. Detalles.	

PROLOGO

La idea de realizar un trabajo de tesis sobre el "Proyecto de fabricación de una máquina desgranadora de maíz con una capacidad de 4 ton/h", se inicia en una planta metalmecánica donde se fabrica máquinas agroindustriales, en la cual laboraba. Existiendo modelos de máquinas desgranadoras de maíz, fabricadas en diversos países del extranjero de diferentes capacidades, se inspiró este trabajo, cuyo objetivo central es la fabricación de la máquina para ser realizada aquí en el país.

Dicho trabajo se presenta en cinco capítulos, siendo el Cap. I, la introducción. El Cap. II, realiza el estudio de las condiciones de operación de la máquina desgranadora. En el Cap. III, se ve la Ingeniería del producto, en el Cap. IV, la Ingeniería del proceso. En el Cap. V, se realiza los costos de fabricación. Se incluye las conclusiones, bibliografía utilizada, además los anexos requeridos, completando el trabajo con 4 planos.

Quisiera agradecer a la Empresa metalmecánica Sacem S.A., al Ing. Carlos Gonzales y en especial, al Ing. Luis Moreno F. quien fue mi asesor. También a todas aquellas personas que me ayudaron a hacer este trabajo de tesis.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El presente trabajo, tiene por finalidad la fabricación de una máquina para desgranar el maíz, tomando en cuenta factores como: flujo de material, características del mismo; considerando además, que la solución planteada, sea funcional y económica, que se realice con tecnología de nuestro medio.

La mecanización de la agricultura en el Perú, ha mejorado la productividad del suelo, esto ha sido ampliamente demostrado con el caso del tractor; que, en la actualidad, es indispensable en cualquier explotación agraria, con accesorios como el arado, el rastrillo, etc.

Después de la cosecha es necesario desgranar el maíz sin dañar los granos de una manera rápida y segura. Los cuidados que deben tenerse son referentes al contenido de humedad de la semilla, al momento del desgrane, si esta muy húmeda, se le puede magullar, y si está seca, se le puede dañar con fracturas. También debe regularse la velocidad de la máquina desgranadora.

La máquina tendrá un expulsador de la "coronta", así como de todos los desechos de maíz y el polvillo que se produce, de tal manera que el maíz desgranado se pueda

recoger y embolsar lo más limpio posible; las tolvas de carga y descarga tendrán dimensiones que deben guardar relación con los procesos de carga, embolsado y apilado del grano, así también, como de las "corontas".

El presente trabajo en lo referente a diseños y cálculos, es presentado en una forma tal, que sea fácil su entendimiento y tenga una secuencia lógica para cada componente de la máquina, por lo que en cada caso, se presenta en primer lugar un bosquejo o croquis con dimensiones generales, luego se plantea el diagrama teórico y a continuación los cálculos y resultados tomando en cuenta la aplicación práctica.

En lo referente al alcance del trabajo, comprende el planteo de una solución funcional y económica, que pueda ser llevada a la realidad por una empresa metal-mecánica nacional. Por lo que se considera, el diseño y cálculo de cada uno de los componentes con sus planos de fabricación y montaje, costos de fabricación, y finalmente sus conclusiones generales.

CAPITULO II

ESTUDIO DE LAS CONDICIONES
DE OPERACION
DE LA MAQUINA DESGRANADORA

La máquina desgranadora de maíz deberá trabajar con toda clase de maíz: duro, blando, de mazorcas grandes o pequeñas en sus diferentes variedades.

La tolva de alimentación deberá ser de fácil acceso para causar el mínimo esfuerzo al echar el maíz. No será necesario llenar la máquina totalmente para que trabaje bien, permitiéndose trabajar con pequeñas cantidades.

El maíz desgranado será expulsado mediante un ventilador que lo conducirá a un ducto listo para almacenarse en bolsas o en un silo. La máquina trabajará de forma estacionaria o portátil, pudiendo ser transportada y accionada por un tractor como por un motor eléctrico.

2.1 Características y variedades de las mazorcas de maíz.

2.1.1 Estructura del grano de maíz.

Para entender la nomenclatura de los diferentes tipos comerciales del maíz, es necesario considerar previamente la estructura del grano, desde el punto de vista de su utilización, como alimento directo o indirecto, así también de su

aprovechamiento industrial. El maíz es un cereal de grano grande. Este grano o semilla, como la de muchos cereales, está formada hasta por tres partes principales, que son de afuera hacia adentro :

a. La envoltura o cubierta exterior (llamada también cáscara)

Es una cubierta protectora en forma de cutícula delgada, dura y fibrosa que protege al grano. Esta envoltura comprende a su vez : 1) El pericarpio o envoltura propiamente dicha y 2) La cofia, que viene a ser un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege el embrión. Esta porción o envoltura total, representa en promedio 6% del peso total, del grano predominante en ella.

b. El endosperma o albumen.

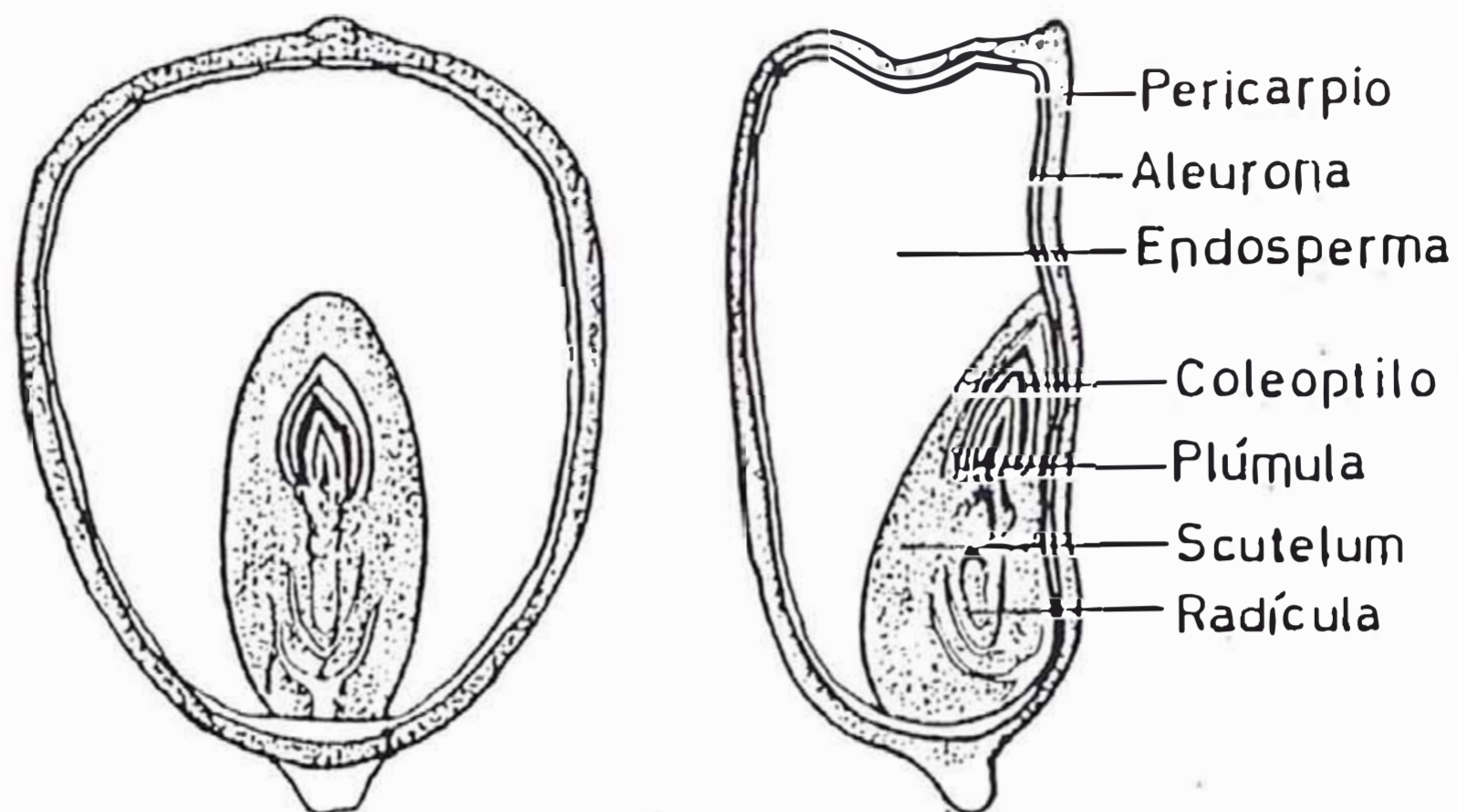
Es la parte feculosa y glutinosa del grano que rodea al germen, menos por su cara ventral, haciéndolo así visible a través del pericarpio. Tiene

en su superficie una capa de células llamada aleurona que es de fino espesor, difícil de distinguir a simple vista; es muy rica en proteínas y grasas. El endosperma forma la mayor parte del grano, considerándose que representa aproximadamente el 80 u 85% del peso total de éste. Está formado mayormente por el almidón córneo, translucido, duro y almidón amiláceo, encontrándose en esta porción el mayor porcentaje de la proteína total del grano.

c. El germen o embrión.

Situado en la parte más baja del grano, es el asiento de la futura planta y resulta inusitadamente grande para un cereal. Es rico en aceite, proteínas y materias minerales, representando de 9,5% a 12% del peso total del grano. La figura 1 ilustra la estructura del grano:

Fig 1. Diagrama de la sección de un grano de maíz.



2.1.2 Clasificación del maíz.

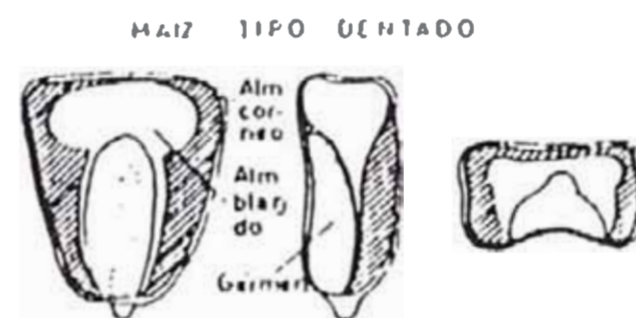
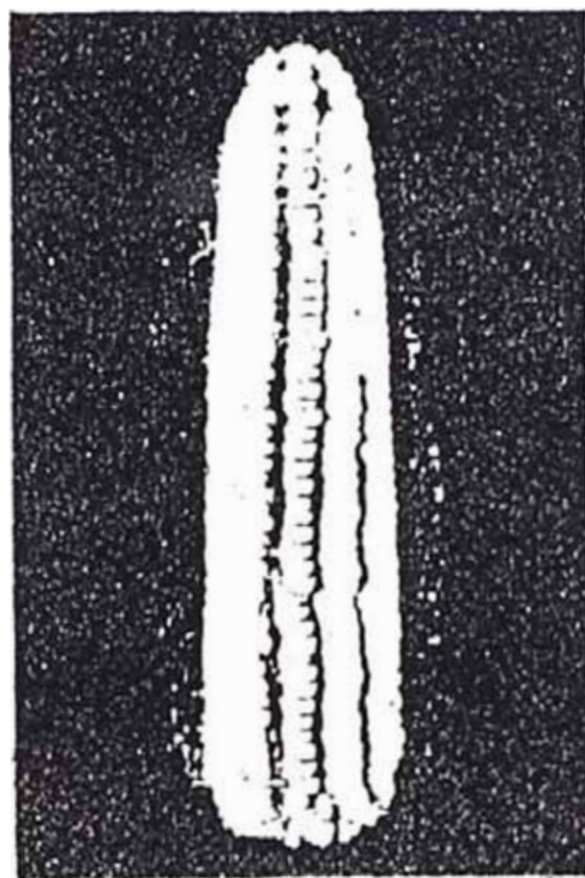
De acuerdo a la naturaleza o textura del endosperma y siguiendo la clasificación de Sturtevant, el maíz comprende varios grupos; los mismos que de acuerdo a su importancia comercial, son los siguientes :

a. Maíz Dentado.

Llamado también maíz dentiforme, se caracteriza por una depresión o diente en la corona del grano debido a que durante la madurez de éste, el endosperma blando de la corona sufre una mayor deshidratación que el endosperma córneo lateral, motivando ello la formación de una depresión

parecida a la de un alveolo dental equino. Se identifica por la existencia de almidón corneo a los lados del grano, estando menos en la punta de éste que es recubierta por almidón blando, harinoso o amiláceo.

Fig. 2 Maíz tipo dentado.

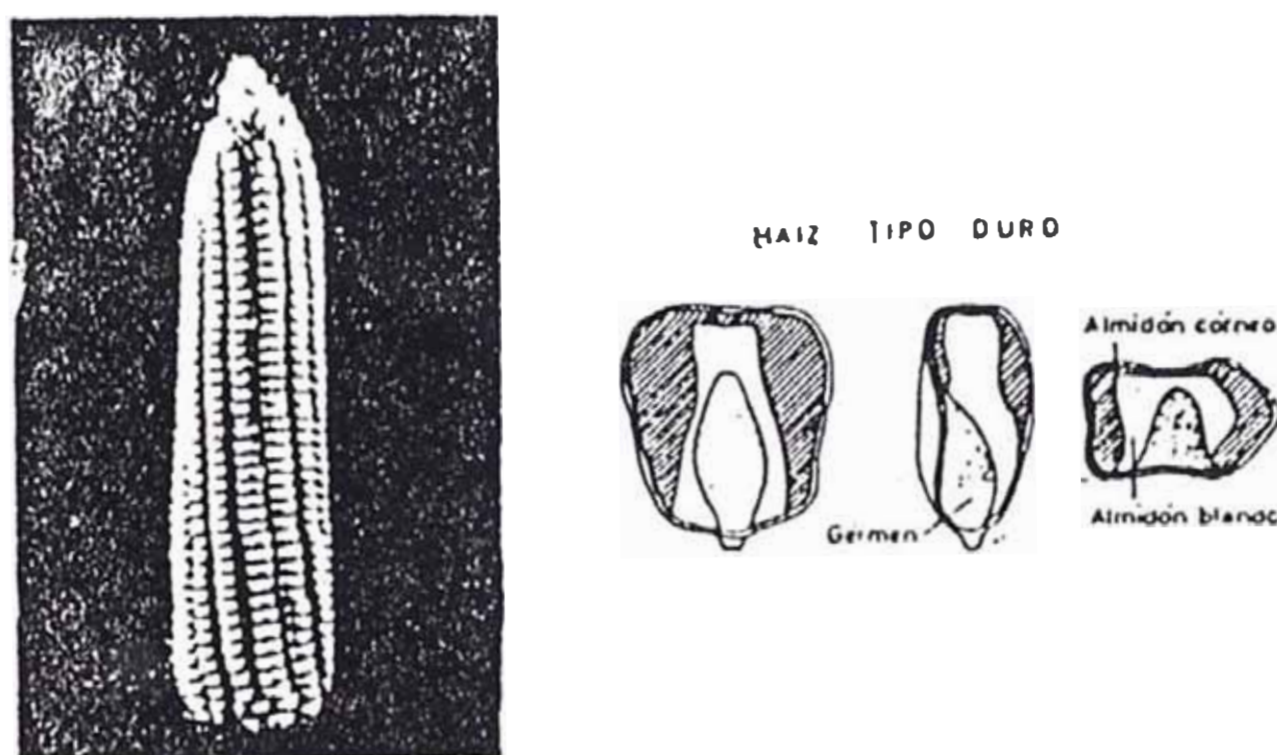


b. Maíz duro.

Los granos de éste tipo, llamado también cristalino, se caracterizan porque contienen sólo en su interior un endosperma blando suave o amiláceo, en tanto que los lados se encuentran empastados por almidón corneo, por medio del cual adquiere el grano una cierta dureza y protección, mostrando

incluso a la madurez, una superficie lisa y brillante sin arrugas.

Fig. 3 Maíz tipo duro.

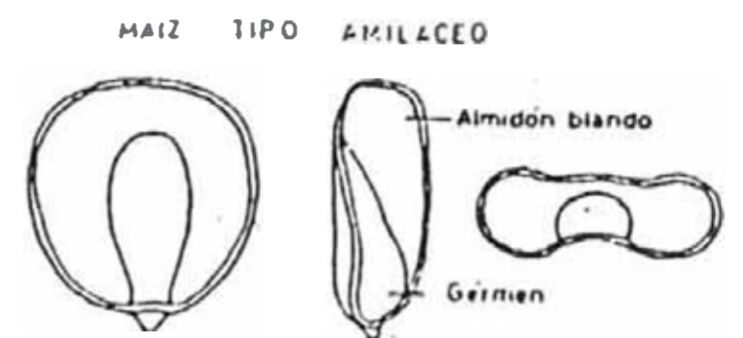
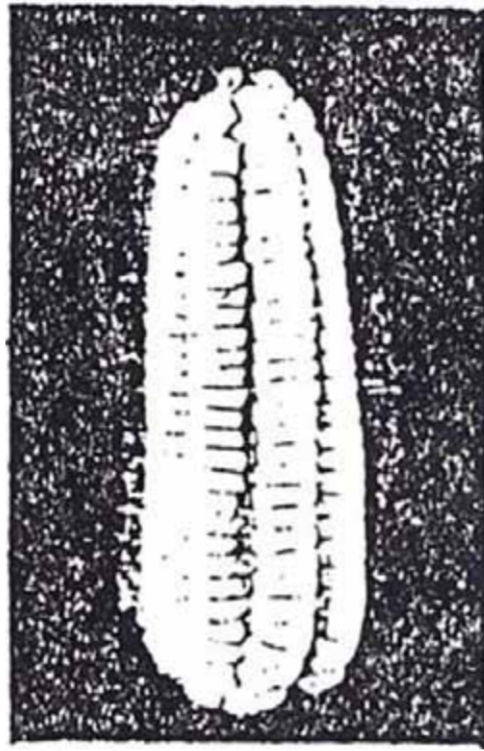


c. Maíz blando amiláceo.

Los granos en estas variedades se caracterizan por tener un endosperma flojo, suave harinoso o como su nombre lo indica, blando o amiláceo, y no contiene almidón córneo. Es uno de los tipos más antiguos de maíz y su cultivo en el Perú está prácticamente circunscrito a la Sierra, considerándose que las 210 000 Ha. sembradas en esta región, el 90% de ellas se cultivan con los maíces amiláceos, representados por el maíz cuzqueño o de Urubamba, uno de los

tipos que alcanzó, de parte de los antiguos peruanos, el más alto grado de domesticación.

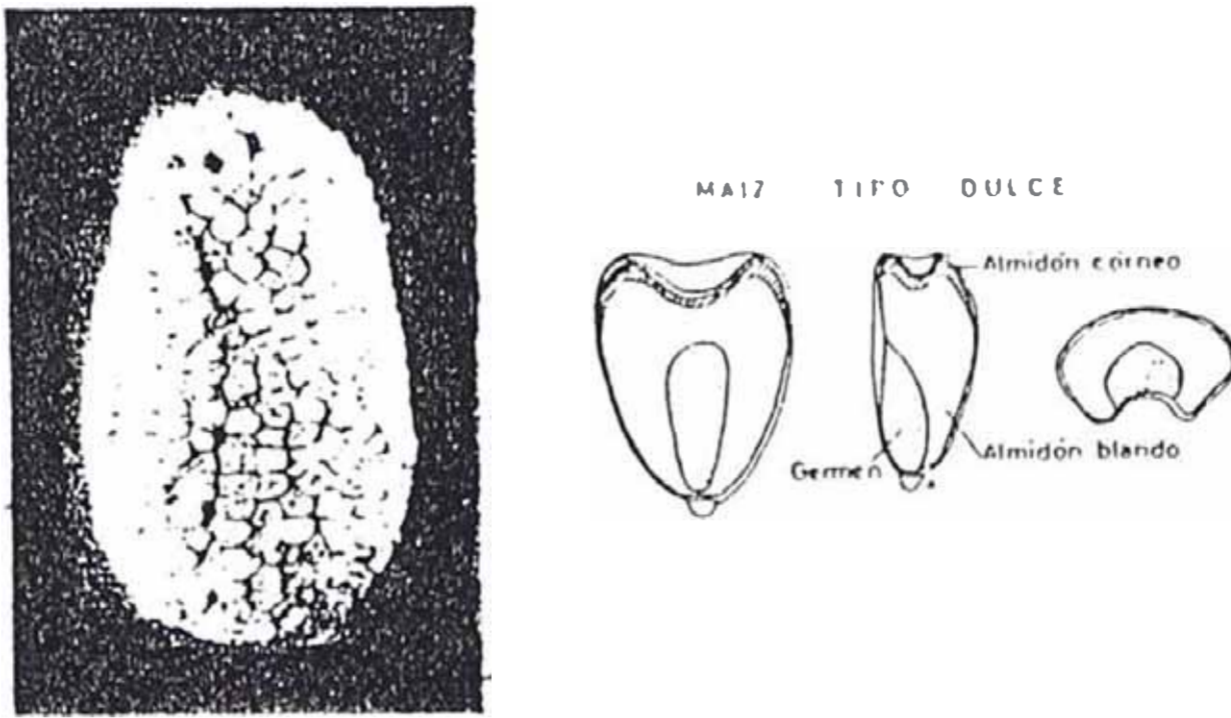
Fig. 4 Maíz tipo amiláceo.



d. Maíz dulce.

Los granos de este tipo se caracterizan por tener un aspecto transparente y fina consistencia córnea; cuando está seco y maduro la superficie queda siempre arrugada.

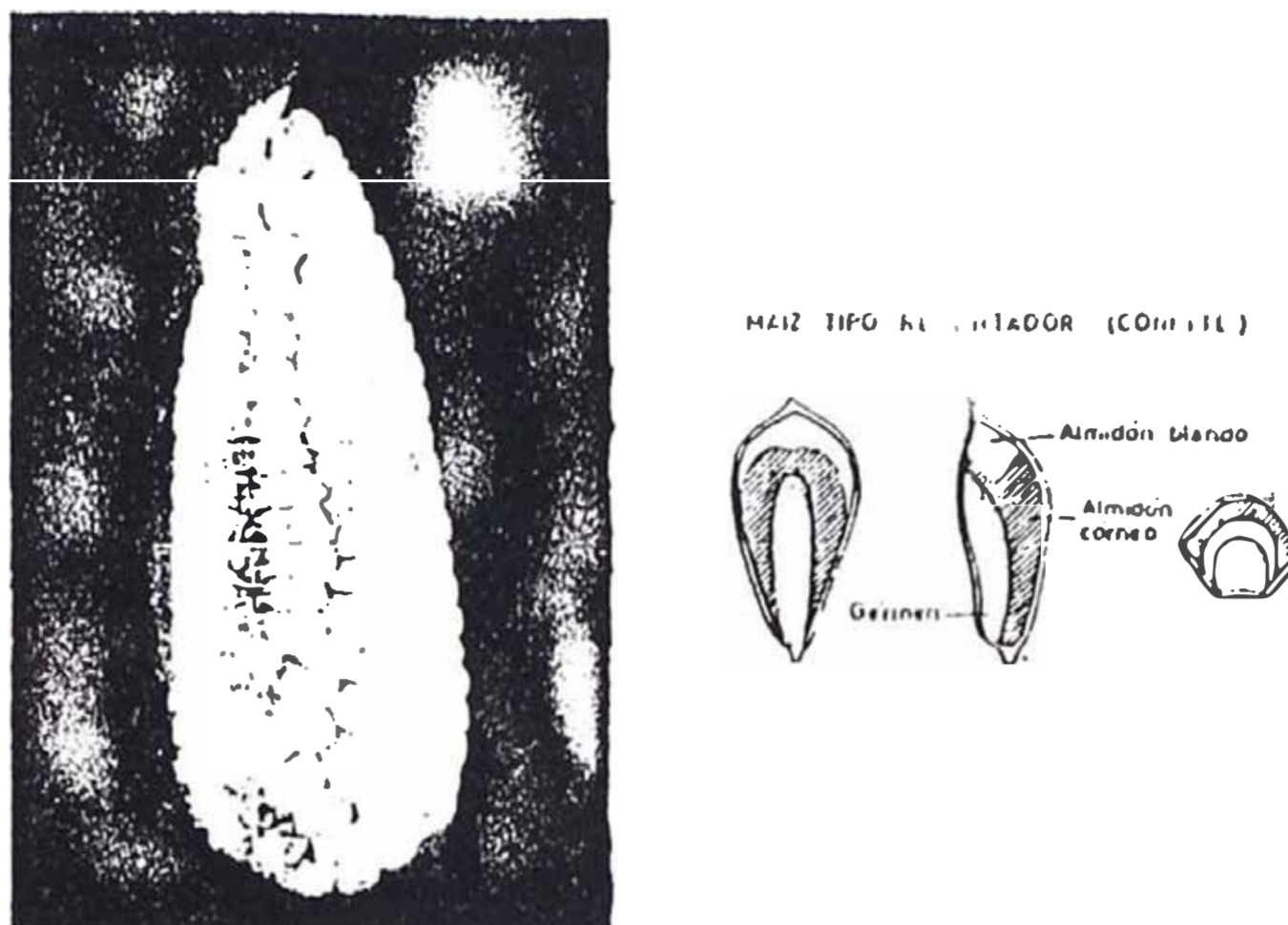
Fig. 5 Maíz tipo dulce.



e. Maíz reventón.

Los granos de este tipo representan una forma extrema del maíz duro cuyo endosperma se encuentra constituido casi en su totalidad por almidón córneo y sólo una pequeña proporción de almidón blando, siendo muy brillante la superficie de la semilla. Se le consume como golosina y corresponden a este grupo los maíces conocidos como "Pop-corn", "Palomitas", "Pipoca" o "Confites".

Fig. 6 Maíz tipo reventador.



f. Maíz tunicado y maíz céreo.

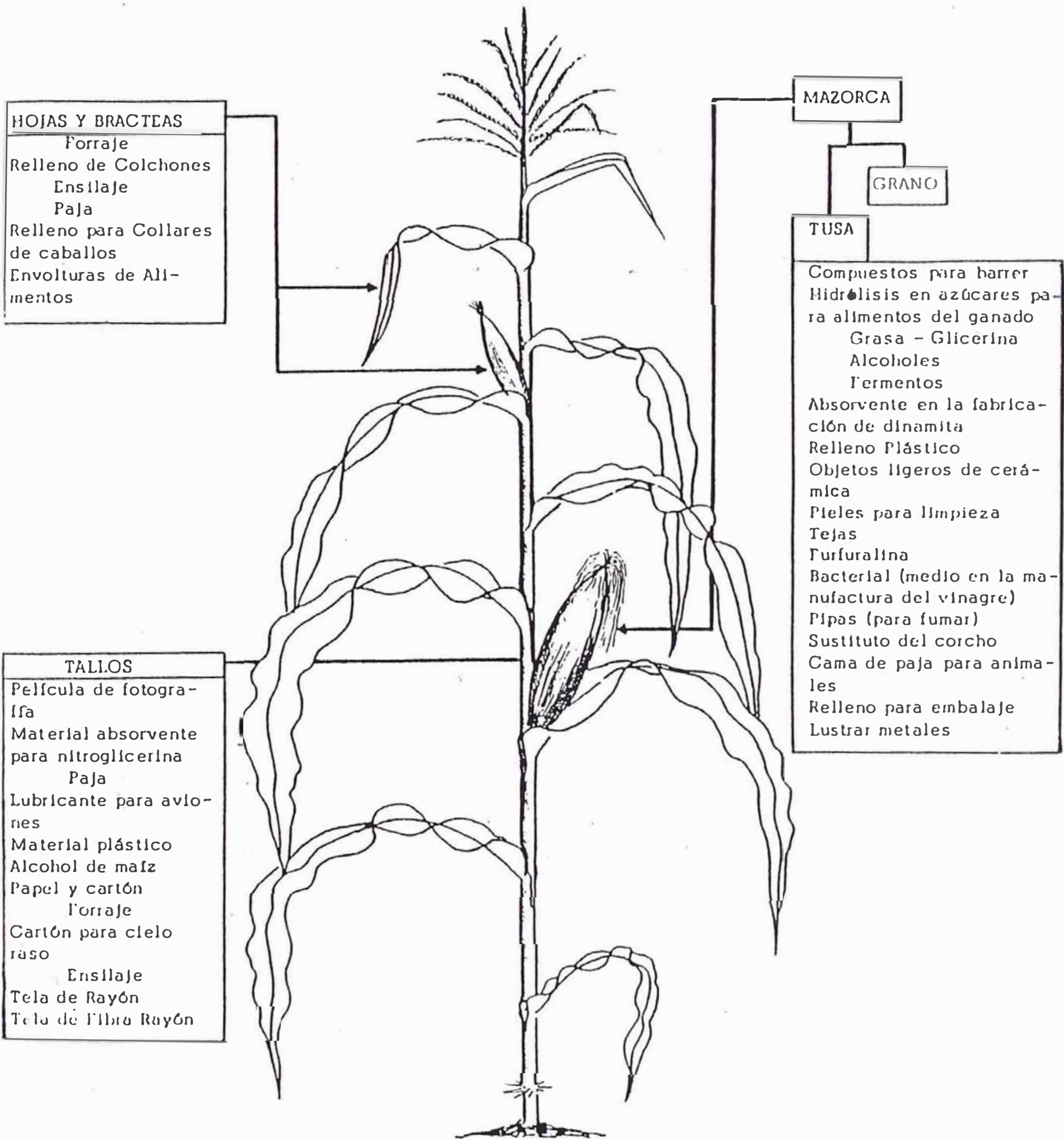
Estos tipos no tienen ningún valor desde el punto de vista de su utilización o consumo.

Fig. 7 Maíz tunicado.



En el gráfico siguiente podemos apreciar los productos extraídos de la planta de maíz.

Fig. 8 Productos de la planta de maíz.



2.2 Operaciones a desarrollar por la máquina.

El maíz, una vez seco, es necesario desgranarlo; para esto se fabrica la máquina desgranadora teniendo en cuenta la capacidad requerida, las diferentes clases de maíz y el rango de peso específico entre 640 y 800 kg/m³ (40-50 lb/pie³), que se determinó en forma experimental (ver anexo N°1). También se tiene presente que el polvo desprendido del maíz puede ser explosivo; razón por la cual, la máquina tendrá un sistema de succión mediante un ventilador para expulsar la paja, el polvillo y la coronta del maíz.

La máquina desgranadora realizará las siguientes operaciones básicas durante su funcionamiento: desgranado, transporte del grano, transporte de la tusa.

a. Desgranado.

La mazorca introducida en la tolva de alimentación, será transportada mediante un gusano transportador, y a la vez, se produce el desgranado mediante unas cuchillas que golpean al grano desprendiéndolo de la mazorca.

b. Transporte del grano.

Una vez desgranada la mazorca en la cámara de desgrane, el grano pasa por una zaranda a un gusano transportador, donde será llevado a un ducto de descarga para ser embolsado o almacenado.

c. Transporte de los desperdicios.

La coronta y los desperdicios de maíz serán trasladados por un gusano transportador y expulsados mediante un sistema de succión que es accionada por un ventilador, que descarga los desperdicios a un ducto de descarga.

El sistema de transmisión consistirá en poleas y fajas que permitan regular la velocidad de operación. El eje motriz puede ser accionado por un tractor o un motor eléctrico.

En el esquema de la máquina desgranadora (ver plano 1 de ensamble general) se aprecia que el eje motriz, donde se encuentra el ventilador, acciona a los ejes 1 y 3 mediante poleas y fajas. El eje motriz recibe el movimiento del tractor o de un motor.

2.3 Condiciones de servicio.

Generalmente el maiz seco, se encuentra cerca a las áreas cultivadas de donde se cosechó, para dejarlo con los rayos del sol.

La máquina desgranadora es llevada a estos lugares mediante un tractor, que se engancha al sistema de fijación de 3 puntos para darle menor grado de libertad de movimiento al ser arrastrado. También la máquina debe tener una toma de fuerza para conectarse al eje del tractor y permitir su operación en el campo.

Con el tractor que jala la máquina desgranadora, van 5 personas generalmente; una que maneja el tractor y 4 que servirán como operarios para ir alimentando las mazorcas en la tolva de alimentación.

En lugares que exista energía eléctrica la máquina funcionará con motor eléctrico. En lugares apartados se utilizará el motor del tractor para su accionamiento o el de un motor estacionario a petróleo, que es el combustible mas económico para no aumentar el costo de producción.

El equipo trabaja con toda clase de maiz: duro, blando, de mazorcas grandes o pequeñas, pero necesariamente el maíz debe encontrarse seco.

No es necesario llenar la máquina totalmente para desgranar bien el maiz, se considera que la alimentación manual por la tolva de alimentación, la efectuarán las 4 personas, que irán echando las mazorcas, a un ritmo de dos por segundo, cada uno aproximadamente.

El ventilador del sistema de succión, limpiador del maíz, dirige el aire llevándose el polvo y los residuos por una plancha tamiz de salida, que permite que salgan las partículas con una pérdida mínima del grano.

Por los ductos de descarga sale el maiz listo para ser embolsado o almacenado y los desperdicios expulsados a algunos metros.

Se tiene en cuenta que la capacidad de desgrane aumenta, cuando el contenido de humedad del maíz es del 17% o menos y la cámara de desgranar está llena, y el maíz está limpio, sin hojas.

Como el producto no es abrasivo ni corrosivo, el equipo estará protegido del medio ambiente mediante una pintura anticorrosiva.

La estructura metálica será diseñada de acuerdo a las condiciones de trabajo antes mencionadas, los ejes giratorios tienen chumaceras auto-alineantes que reducen la fricción y la potencia de accionamiento.

CAPITULO III

INGENIERIA DEL PRODUCTO

3.1 Especificaciones para el proceso de desgranado.

Para el diseño adecuado deberemos considerar que el maíz seco, tiene el grano con cierta dureza que lo hace resistente al desgrane sin que se quiebre fácilmente.

Los parámetros que deben considerarse para proyectar los elementos de la máquina desgranadora son :

El peso específico que se determinó en forma experimental (ver Anexo N°1) está entre 0,64 a 0,80 g/m³ (40 - 50 lb/pie³) del grano de maíz; la mazorca tiene un peso específico promedio de 0,336 g/m³ (21 lb/pie³).

Material granular de 5 a 15 mm. en forma ovalada o redonda.

El producto no es abrasivo ni corrosivo.

Se debe extraer el polvillo producido, esto es porque es explosivo a determinadas condiciones.

Cada espiga de maíz puede tener entre 200 a 400 granos.

El peso promedio de una espiga de maíz está entre 190 y 210 g.

El peso promedio de los granos de una espiga de maíz está entre 150 a 170 g.

En el capítulo anterior (ver 2.3) consideramos que la carga manual de las mazorcas a la tolva de alimentación, se hará con cuatro personas, a un ritmo de 2 mazorcas por segundo y por persona, lo que implica una capacidad de :

Capacidad $(4 \times 2 \text{ mazorcas/s}) \times (0,150 \text{ kg de grano/mazorca}) \times (3600 \text{ s/h}) \times 90\%$
(eficiencia)

Capacidad - 4 ton/h

Esta capacidad traducida en cantidad de mazorcas por segundo es:

- 8 mazorcas/s.

La unidad mas usada para una capacidad de desgrane es de bushel/h

Donde · 1 bushel - 56 lb

Luego, la capacidad es la siguiente:

$(4000 \text{ kg/h}) \times (2,2 \text{ lb/kg}) \times (1 \text{ bushel /} 56 \text{ lb})$

Capacidad - 157,14 bushels/h

3.2 Modelos Alternativos y Partes Constitutivas.

Entre los modelos alternativos de máquinas desgranadoras existentes tenemos: las desgranadoras de maíz manuales, máquinas desgranadoras de tambor batiente y las máquinas desgranadoras estacionarias.

3.2.1 Desgranadora Manual.

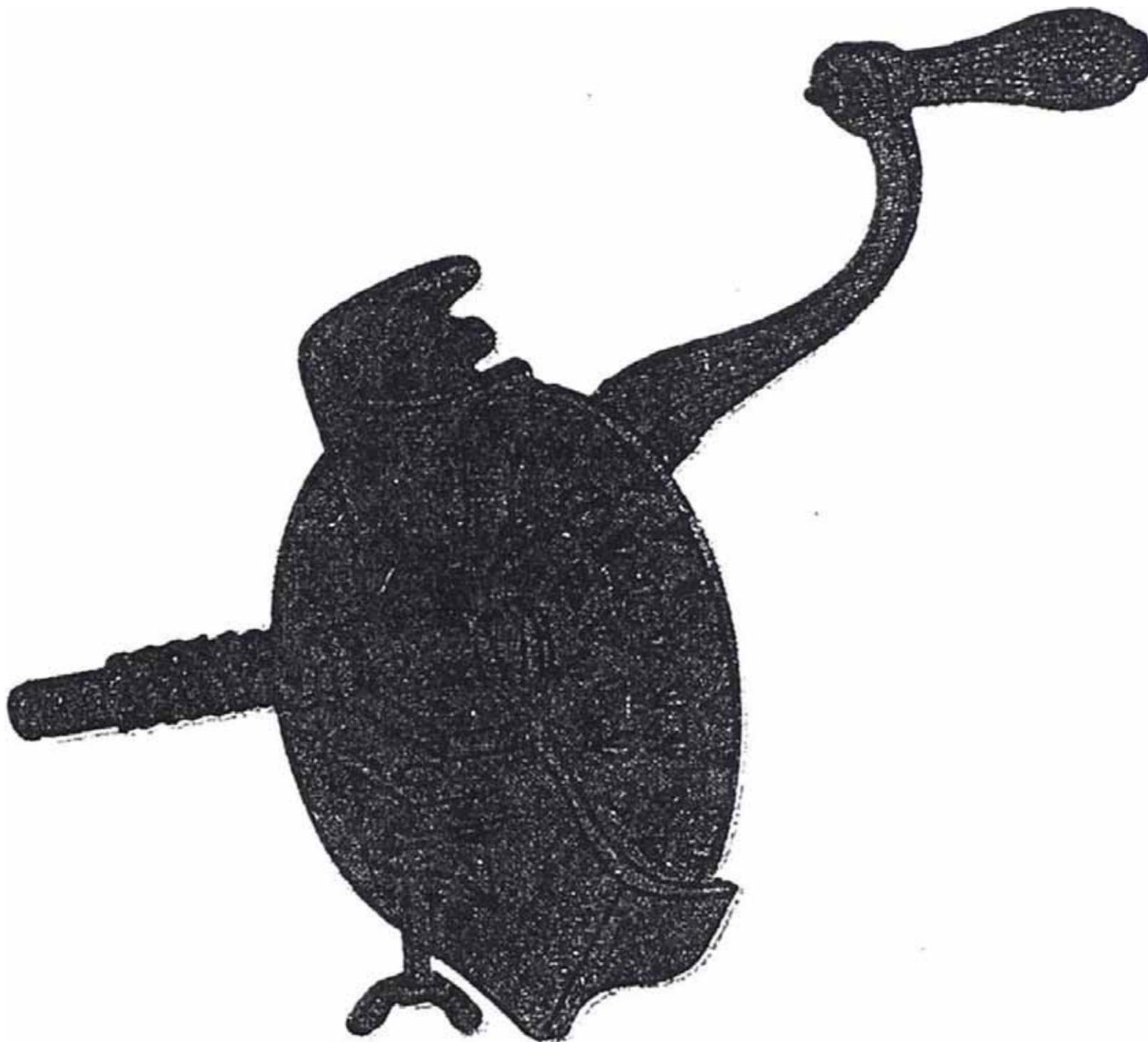
Consiste en un dispositivo mecánico que permite desgranar las mazorcas una por una, mediante la acción de un disco con puntas triangulares que golpean al grano. El rendimiento es bajo y está entre 20 y 30 kg por hora. En el mercado nacional se encuentra la de marca: VALIANT (PERU). Los elementos que constituyen la desgranadora son:

- a. Manivela.
- b. Disco desgranador con puntas triangulares.
- c. Carcaza.
- d. Eje.

e. Soporte de fijación.

Los materiales de construcción son: acero (eje y manivela) y fierro fundido (disco, carcasa y soporte de fijación).

Fig. 9 Desgranadora manual.



Sus ventajas son:

Costo económico, debido a que es de fierro fundido y acero comercial.

Apropiado para uso doméstico, debido a su baja capacidad de producción.

Operación manual sencilla, mediante manivela que hace girar el disco desgranador.

Sus desventajas son:

El rendimiento es bajo, pues sólo produce de 20 a 30 kg/h.

Las mazorcas se desgranán de una en una.

Inapropiadas para uso industrial por su baja capacidad.

3.2.2 Máquina desgranadora de tambor batiente.

La máquina desgranadora consiste en un tambor con batidores fijos en el que golpean a las semillas desgranadas. El polvo que se forma durante el trabajo de la máquina, se succionará por la ventana de aspiración. El tambor tiene dos mecanismos de regulación superior e inferior que sirven para regular el juego de trabajo, entre los batidores y la carcasa.

Ventajas:

Son para uso industrial por la gran

capacidad que tienen.

El polvo y desperdicios se separan del grano mediante ventilador de succión.

Tienen capacidades grandes debido al gran tamaño del tambor.

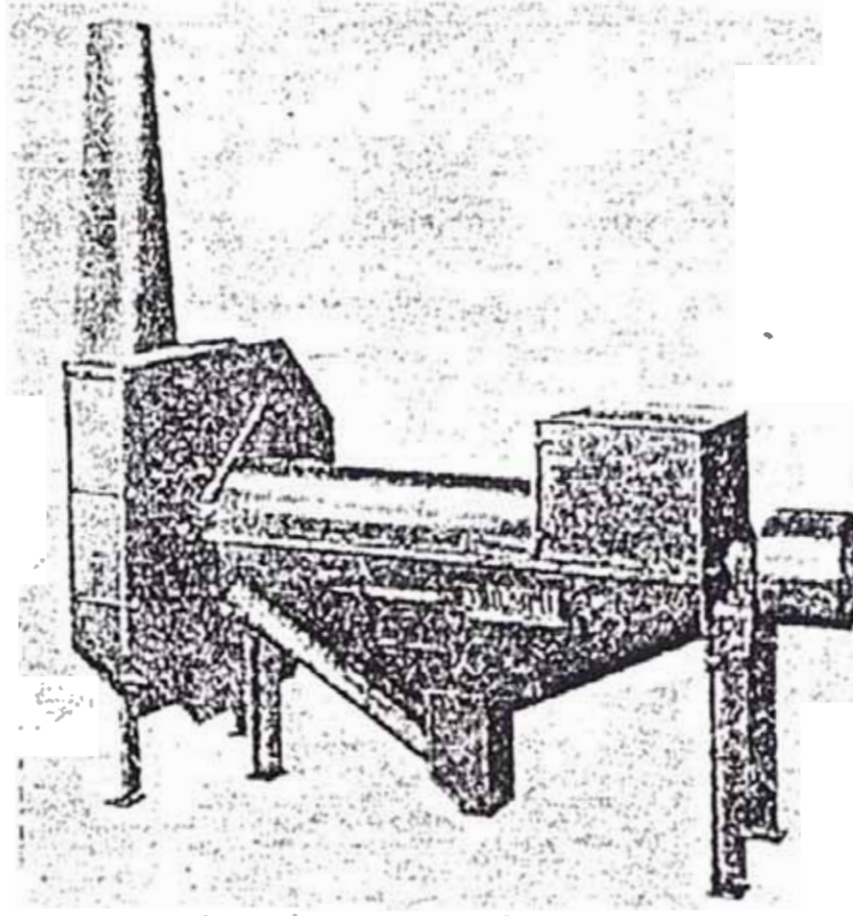
Desventajas:

El sistema de regulación es muy variable, debido al juego entre los batidores y la carcasa.

No son fáciles de transportar al campo de cultivo, debido a que su estructura no es apropiada.

Los desperdicios siempre pasan con el grano, ya que no hay una separación apropiada

Fig. 11 Máquina Desgranadora Estacionaria



Ventajas:

Son de uso industrial alcanzando grandes capacidades por el uso de motor eléctrico.

Los desperdicios del maíz se separan del grano mediante un ventilador.

Desventajas:

Sólo es de tipo estacionario; no puede ser fácilmente transportado al campo, debido a que no tiene ningún sistema de fijación al tractor.

No puede ser accionado por el motor tractor, porque no tiene toma de fuerza.

3.2.4 Máquina desgranadora con toma de 3 puntos. Esta máquina trabaja toda clase de maíz; posee una tolva de alimentación para que pueda cargarse mas fácilmente. Un ventilador permite quitar el polvo, tusas y desperdicios del maíz; también posee una toma de fuerza para acoplarse al tractor, será equipada con un **embrague** para protección del mando.

Un gusano transportador de grano llevará a éste a ser embolsado y otro, transportará las mazorcas a la cámara de desgranado.

La máquina será transportable mediante el enganche a 3 puntos, y podrá ser impulsado por motor eléctrico, a petróleo o un tractor. Sus ventajas son:

Es de uso industrial y gran capacidad de desgrane.

Puede funcionar de forma estacionaria, como ser transportada y accionada por un tractor.

El grano es separado de las tusas y desperdicios, siendo transportado por

un gusano transportador a su embolsado.

Funciona sin que sea necesario llenar la máquina, y es de fácil operación.

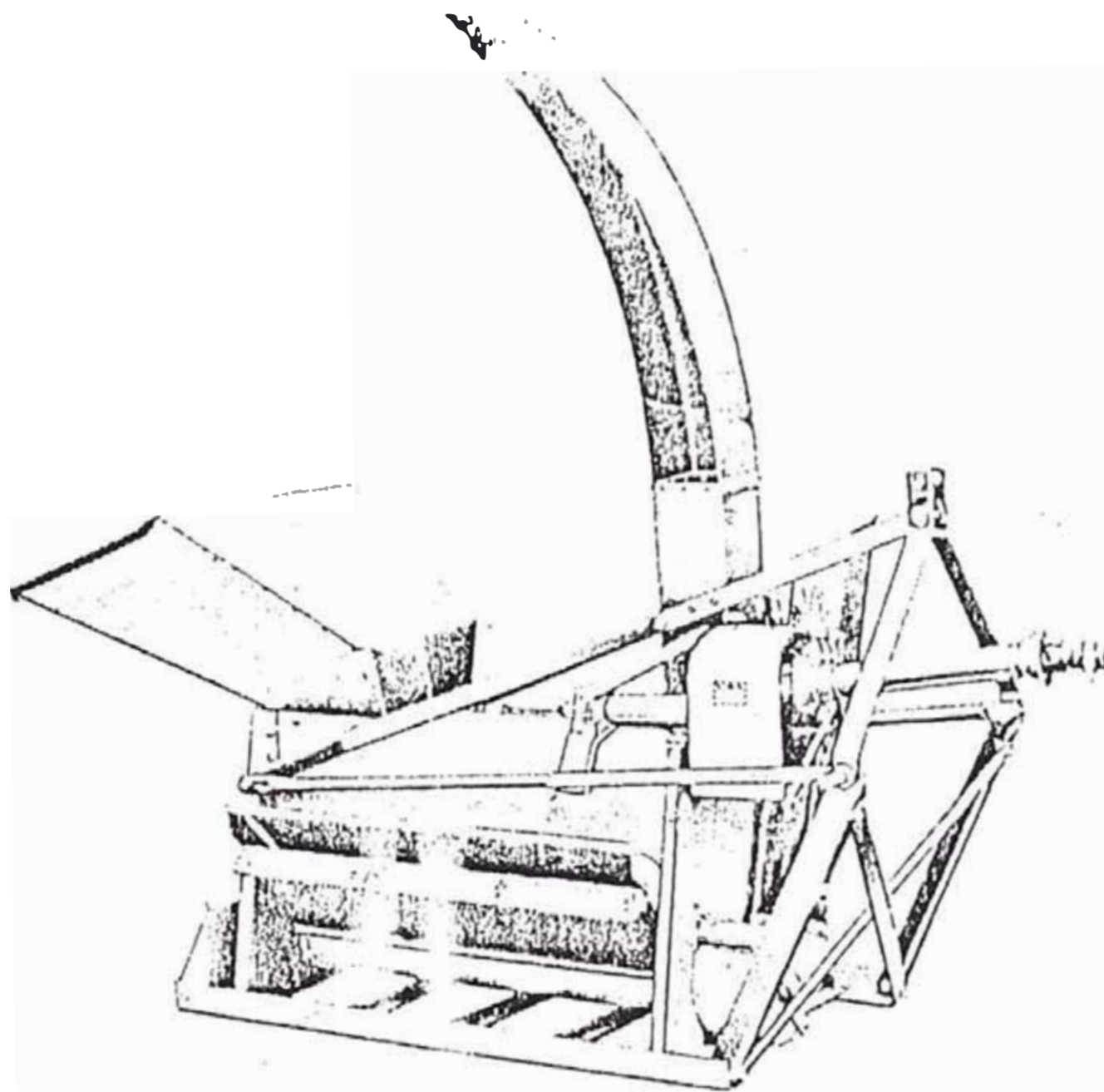
La cámara desgranadora tiene cuchillas que realizan el desgrane con facilidad.

Sus desventajas son:

El ventilador puede atascarse con las tusas que se expulsan al exterior.

El motor eléctrico debe protegerse del polvillo del maíz para evitar explosiones.

Fig. 12. Máquina desgranadora con toma de 3 puntos.



3.2.5 Selección de modelo a diseñar.

De los modelos alternativos escogeremos un modelo más apropiado para el uso industrial, que sea accionado por un motor y que además sea transportable por un tractor al campo de cultivo donde generalmente se seca el maíz. También se considera su fácil operación y que separe el grano de las corontas (tusas) y del polvillo o desperdicios.

Es fundamental que la máquina desgranadora sea accionada por el tractor, mediante una toma de fuerza, lo que permite su operación en cualquier tipo de lugar. La máquina desgranadora estará compuesta de los siguientes elementos:

- a. El gusano transportador, que transportará las espigas de maíz de la tolva de alimentación a la cámara de desgranado.
- b. La cámara de desgranado, que es el área donde se realiza el desgrane mediante unas cuchillas colocadas de forma apropiada; éstas rozan y golpean la mazorca desgranandola, para que el grano pase por una zaranda al gusano transportador (ver fig. 13 y 14).
- c. El sistema de transmisión que consiste en el motor de accionamiento y las poleas con sus respectivas fajas que mueven los gusanos y el ventilador.

- d. El gusano transportador de grano, recibe el maíz desgranado y lo ~~lleva a~~ descargar.
- e. La tolva de alimentación o carga, que por gravedad lleva el maíz al gusano transportador.
- f. Los ductos de descarga de grano y desperdicios.
- g. El ventilador que succiona la coronta, los desperdicios del maiz y las pajillas producidas en el desgrane.
- h. La estructura metálica, que soporta y mantiene a la máquina en operación.

Fig. 13 Esquema de Operaciones Básicas.

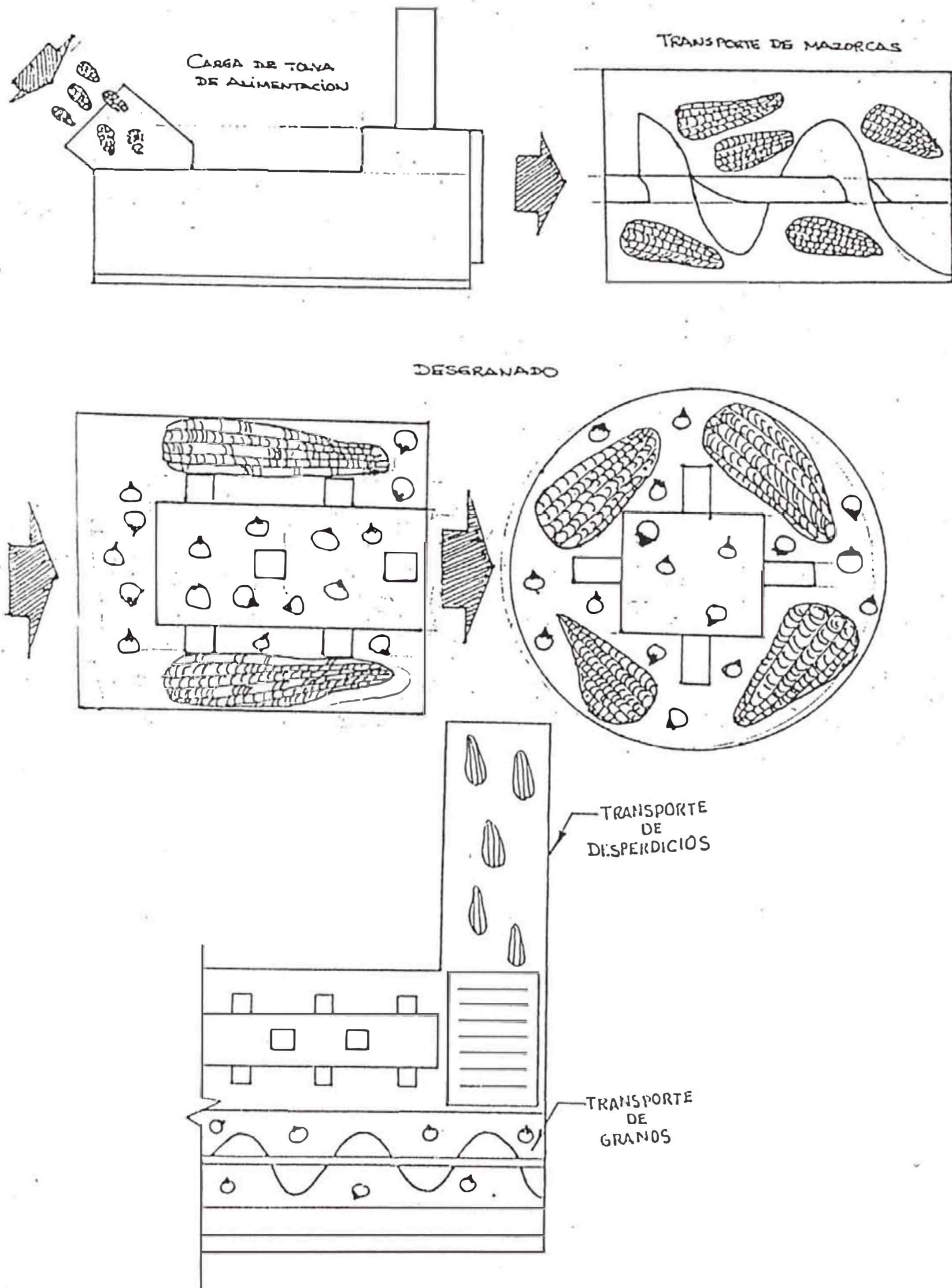
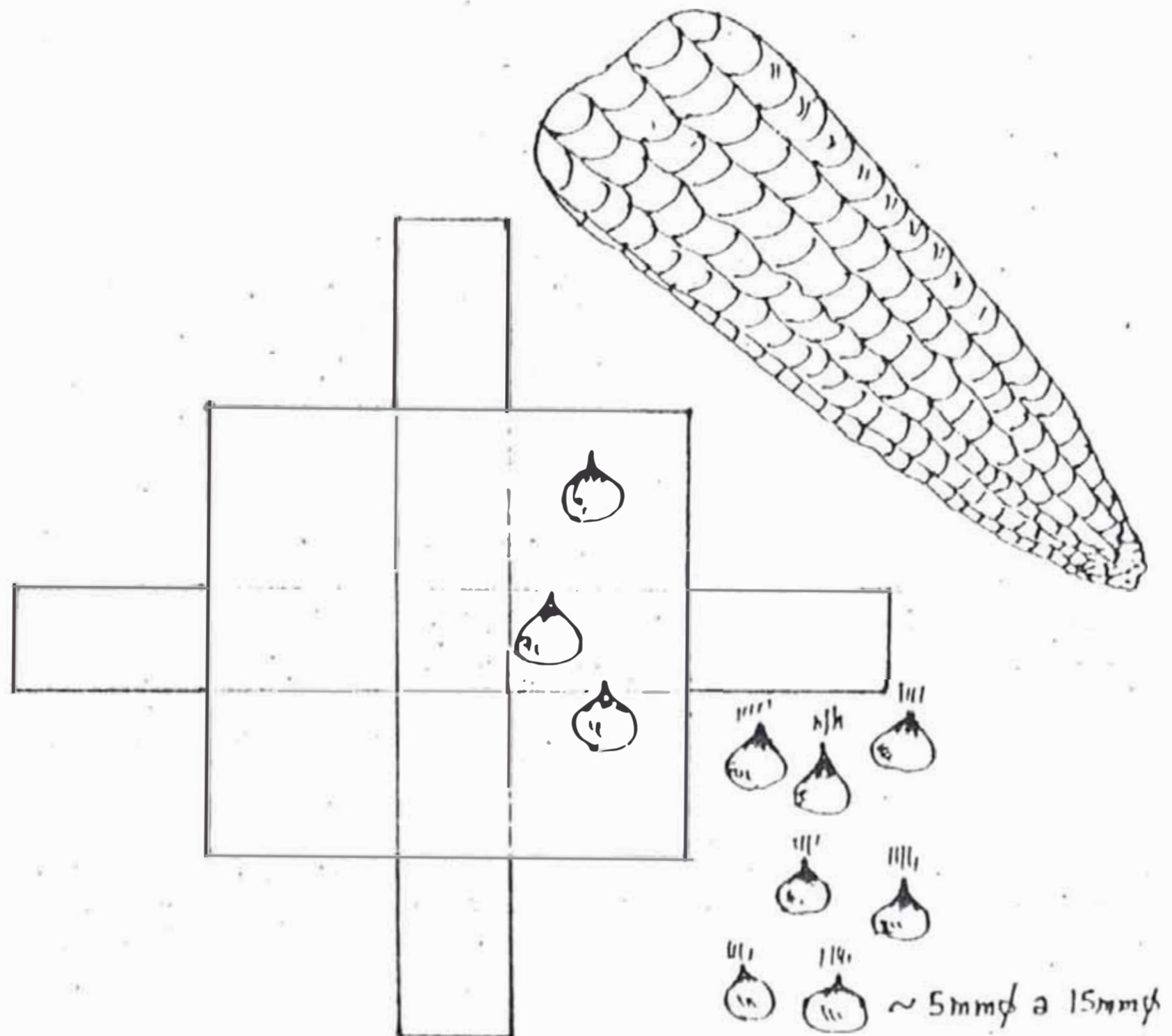


Fig. 14 Separación del Grano y Paso por la Zaranda.



Cada uno de los elementos anteriores mencionados, serán diseñados o seleccionados considerando las cargas y procesos que realizan, tratando que en su mayoría los materiales a usarse sean de procedencia nacional. En el mercado existen máquinas desgranadoras importadas como las de marca : HABAN RACINE (USA); marca : NEW HOLLAND (BRASIL); marca : GAITAN (COLOMBIA); marca : RAUSOMRS SIMS &

JEFFERIES LID (INGLATERRA), que son semejantes a las del tipo 3.2.3 y 3.2.4 .

3.3 Diseño del Gusano Transportador.

3.3.1 Diseño del gusano Transportador del grano. El gusano transportador tiene la finalidad de llevar el grano que se ha desgranado para su embolsado o almacenado.

Características del material:

$(\tau) = 45 \text{ lb/pie}^3$ (grano).

Factor de llenado (C_1):

0,45 (según aparatos de elevación y transporte de Helmut Ernst) viene a ser el porcentaje de llenado del gusano (45% sobre el nivel de transporte).

Coefficiente de Resistencia (C_2):

2,1 implica la resistencia que se opone al giro del gusano (fricción, contacto del material a lo largo del gusano).

Siendo el flujo del material (Q):

$$Q = (4t/h \times 2200 \text{ lb/t}) / (45 \text{ lb/pie}^3)$$

$$Q = 195,56 \text{ pie}^3/h$$

- Cálculo de las RPM (N).

Del libro de "Aparatos de elevación y Transporte" de M. Ernest. Tomo II, se conoce que la velocidad para este caso está entre:

$$0,6 \leq V \leq 1,2 \text{ pie/s}$$

$$\text{Asumimos : } V = 1 \text{ pie/s} = 3600 \text{ pie/h}$$

$$\text{como } V = P \times N \times 60$$

$$\text{reemplazando } P \times N = 60.$$

Considerando un paso corto

$$P = 2,75" = 0,229 \text{ pies debido a diseño similares.}$$

$$\text{Se tiene que } N = 261,9 \text{ RPM}$$

- Cálculo del Diámetro (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 Q \times 144}{\pi \times P \times N \times 60 \times C_1}}$$

$$D = 4,70"$$

$$\text{Se considera } D = 4,75"$$

- Para una velocidad de 1 pie/s (0,3048 m/s) el producto va a

utilizar 4 s. para ser embolsado; dicho valor fue comprobado en forma experimental. Luego, la longitud a considerar será de $L = 1 \text{ m}$

- Cálculo de la Potencia

$$P = \frac{Q \times \gamma \times L \times C_2}{1,98 \times 10^6}$$

Reemplazando valores: $P = 0,03 \text{ HP}$

Esta potencia es utilizada para vencer la fuerza de fricción entre la carga de maíz en la entrada y el transportador. Asume la carga de 60 kg (132 lb), considerando un coeficiente cinemático de fricción $\mu = 0,3$. Entre las capas del material tendremos que la fuerza producida por el desplazamiento del material es la fuerza de rozamiento:

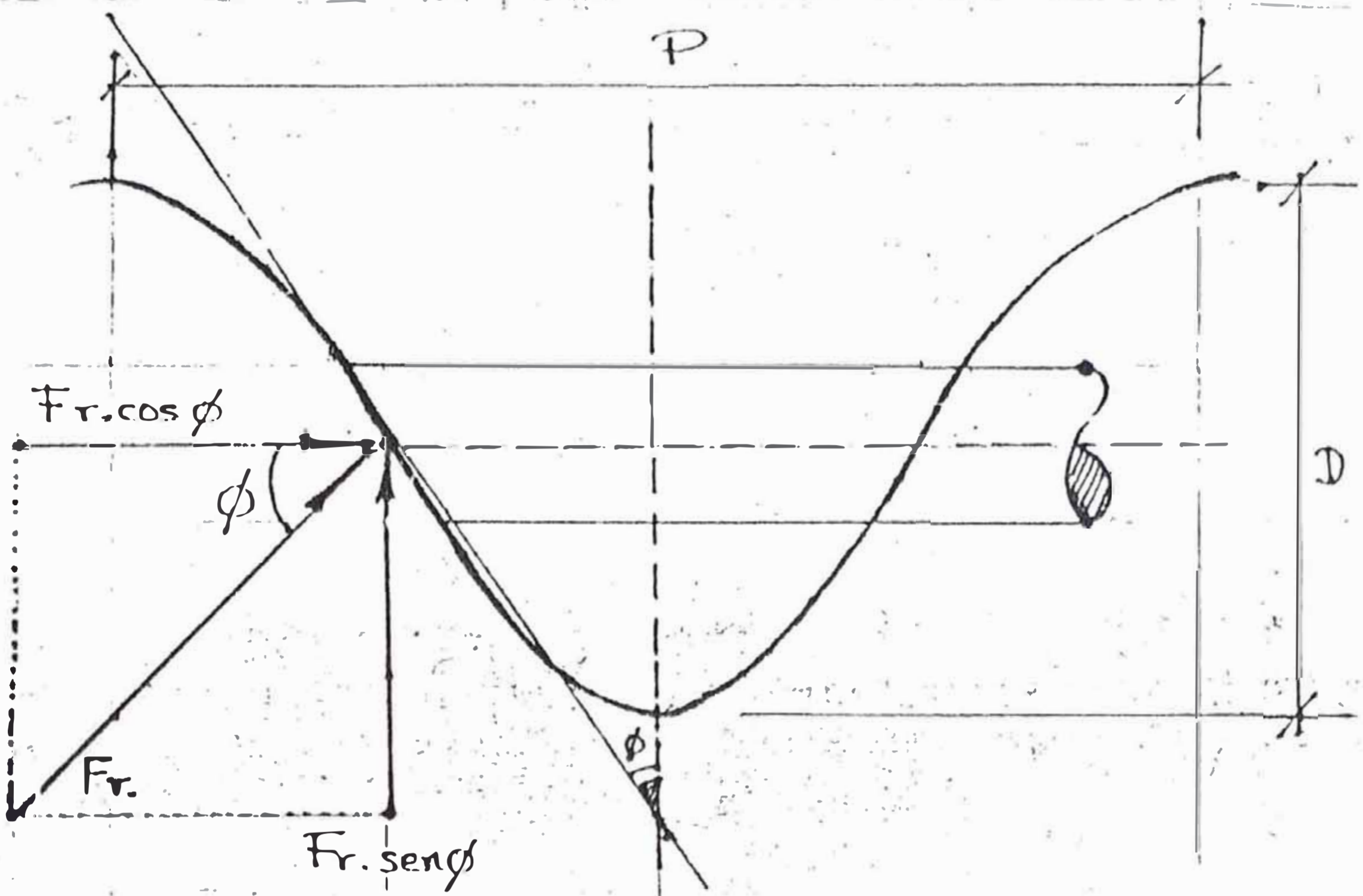
$$Fr = \text{Carga} \times \mu$$

$$Fr = 132 \times 0,3$$

$$Fr = 39,6 \text{ lb}$$

Luego, para el gusano se traduce en una fuerza radial y otra axial (ver fig. 15).

Fig. 15 Acción de la fuerza de rozamiento.



$$\begin{aligned} \text{Tag } \Phi &= P / (\pi \times D) = (2,75'' / \pi \times 4,75'') \\ &= 0,18428 \end{aligned}$$

De la fig. 15:

$$F_{\text{radial}} = Fr \times \text{Sen } \Phi = 7,1768 \text{ lb.}$$

La fuerza radial se opone al giro del gusano y nos origina un consumo de potencia en vencer esa fuerza de fricción.

$$\text{Pot por Fricción} = \frac{\text{RPM} \times D/2 \times F_{\text{radial}}}{63\ 000}$$

$$\text{Pot por Fricción} = 0,07 \text{ HP}$$

Cálculo de las planchas de la hélice.
 Tenemos como datos: $D = 4,75''$,
 $P = 2,75''$, $d = 1,05''$ (a chequear
 posteriormente). Consideramos la
 hélice como un disco plano, debido a
 la dificultad de cálculo del espesor
 de plancha. Como disco es más crítico
 considerando que la hélice por su
 deformación es más rígida. Asumiendo
 la siguiente distribución (ver
 fig. 16). Disco plano con borde
 inferior empotrado y carga uniforme
 distribuída en los bordes.

Para calcular la fuerza debida a la
 fricción y la fuerza real sobre la
 hélice calculamos la potencia. Se
 tiene: $L' = P = 2,75'' (0,229167')$

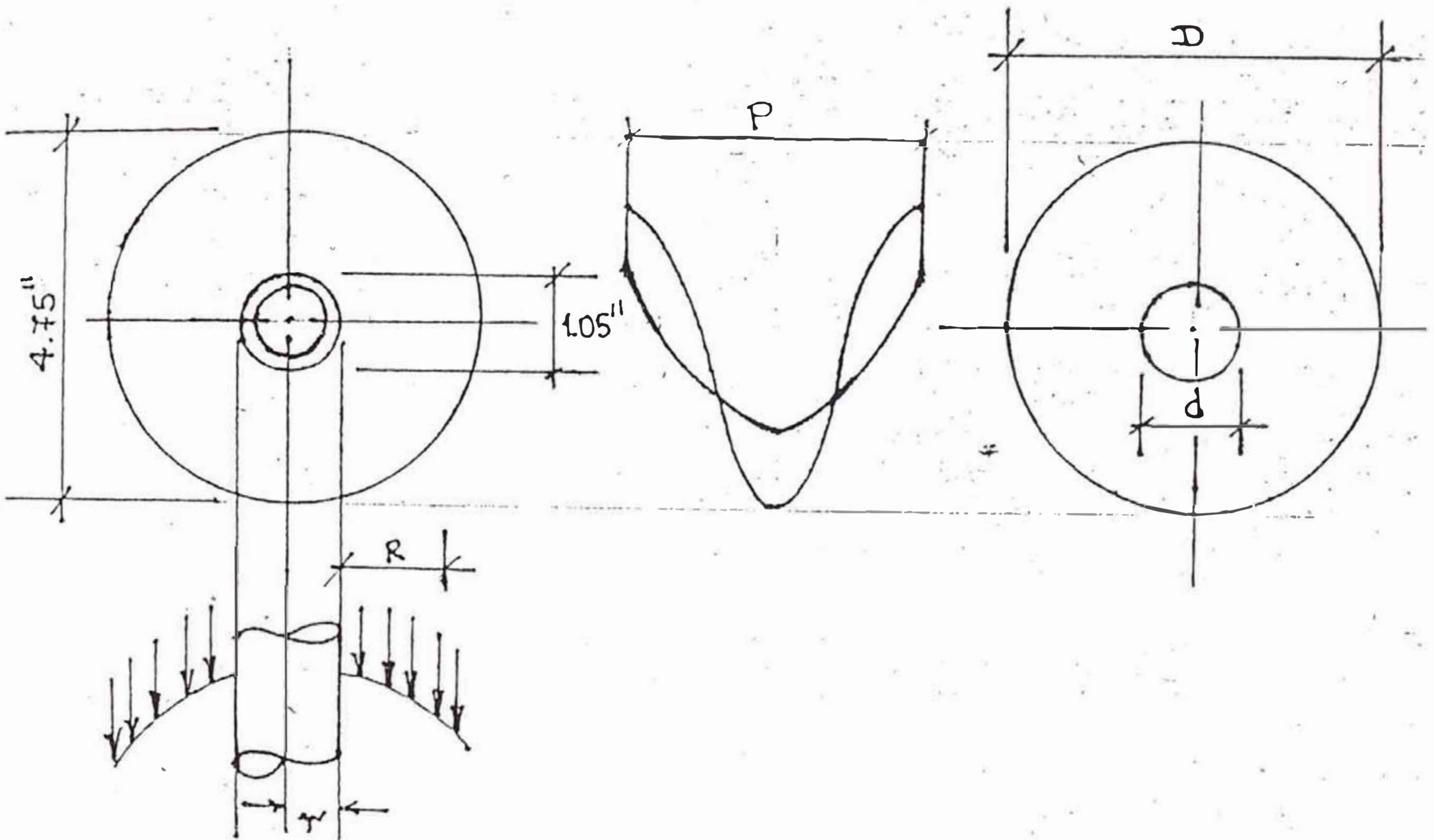
$$D = 4,75''.$$

$$\text{Pot} = (Q \cdot L' \cdot \mu \cdot C_2 / 1,98 \cdot 10^6)$$

$$\text{Pot} = (195,56 \cdot 45 \cdot 0,229167' \cdot 2,1 / 1,98 \cdot 10^6)$$

$$\text{Pot} = 0,002138 \text{ HP} = 1,1573 \text{ lb} \cdot \text{pie/s}$$

Fig. 16 Detalles de Planchas de Hélice.



$$F' = Pot/V = 1,1573$$

$$F' = 1,1573 \text{ lb}$$

A esta fuerza hay que añadirle la fuerza debida a la fricción (F'').

$$F'' = F' \cdot \text{Sen } \Phi \quad ; \text{ De la fig. 15}$$

$$F'' = (F' \cdot P)/2D$$

Reemplazando valores:

$$F'' = 0,335 \text{ lb}$$

La fuerza real sobre el hélice es:

$$F = F' + F''$$

$$F = 1,1573 + 0,335$$

$$F = 1,5 \text{ lb}$$

$$W = F/(\pi \cdot D) = (1,5/\pi \cdot 4,75") \\ = 0,1005 \text{ lg/pulg}$$

$$W = 0,1 \text{ lb/pulg}$$

Por teoría de placas (libro de esfuerzos y deformaciones por J. Hori) tenemos que :

$$S_{max} = (3 \cdot W / 2 \cdot \pi \cdot t^2) \left[\frac{2R^2(1+u') \ln(R/r) + R^2(1-u') - r^2(1-u')}{R^2(1+u') + r^2(1-u')} \right] \dots *$$

Donde:

$$u' = 0,3 \text{ (acero)}$$

$$S_{max} = 0,66S_y = 23 \ 600 \text{ PSI}$$

De la ecuación (*) se halla el espesor (t) reemplazando valores.

$$t = 0,005"$$

$$T = 0,005" + 0,0625 \text{ (corrosión)}$$

$$T = 0,066"$$

Asumo :

$$t = 3/32" = 0,09375" \text{ Plancha de espesor } 3/32"$$

- Desarrollo de los discos de la hélice del gusano.

$$D'/d' = \sqrt{[(\pi D)^2 + P^2]/[(\pi d)^2 + P^2]}$$

Reemplazando valores:

$$D'/d' = \sqrt{[(\pi \cdot 4,75)^2 + (2,75)^2]/[(\pi \cdot 1,05)^2 + (2,75)^2]}$$

$$D'/d' = 3,533$$

$$\text{Como: } D' - d' = D - d = 4,75 - 1,05 = 3,7$$

$$\text{Resolviendo: } d' = 1,46''$$

$$D' = 5,16''$$

$$\text{El peso} = 0,148 \text{ lb}$$

Luego:

$$\begin{aligned} \text{El peso de hélice por pie de longitud} \\ = 0,6458 \text{ lb/pie} \end{aligned}$$

- Fuerzas que actúan sobre el eje (tubo).

El eje (tubo) estará sometido a tracción, flexión y torsión.

Analizando las cargas actuantes en la hélice del gusano, tenemos :

$$T_{\max} = 63\,000 \cdot \text{HP}_{\text{trabajo}} / \text{RPM}$$

$$T_{\max} = 63\,000 \cdot$$

$$(0,03060 + 0,0708) / 261,894$$

$$T_{\max} = 24,39 \text{ lb-pulg}$$

$$F_{\text{tang. max}} = T_{\text{max}}/R = 24,39/(4,75/2)$$

$$F_{\text{tang. max}} = 10,27 \text{ lb}$$

$$F_{\text{axial}} = F_{\text{tang. max}}/\text{tang } \Phi$$

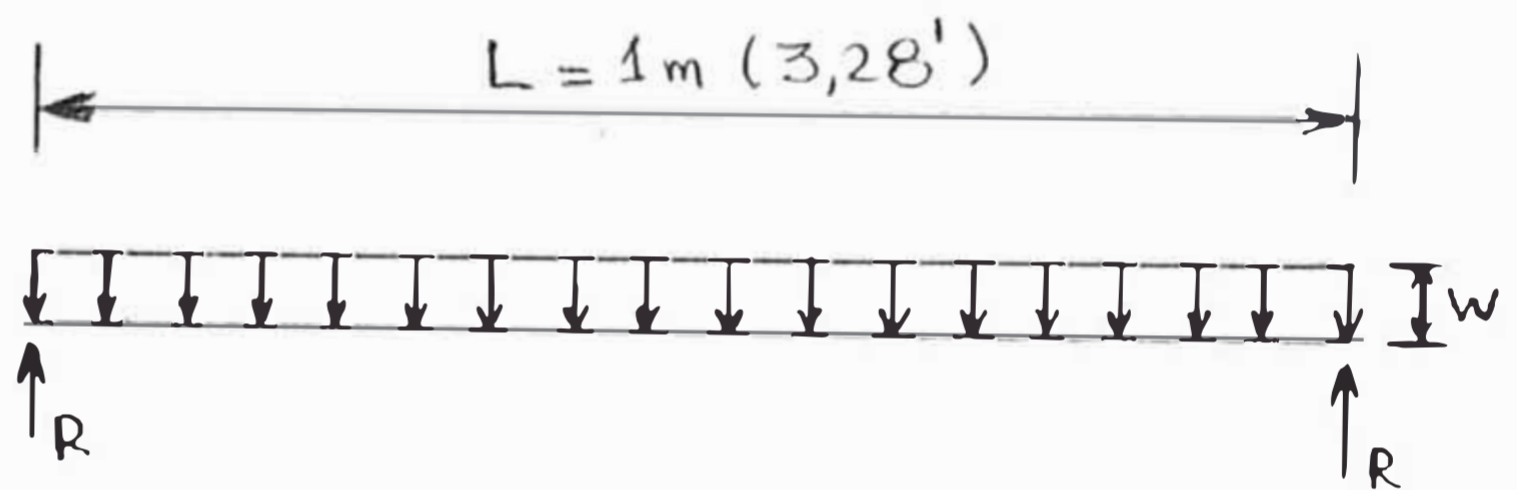
$$F_{\text{axial}} = 10,27/\text{tang } 10,44^\circ$$

$$F_{\text{axial}} = 10,27/\text{tang } 10,44^\circ$$

$$F_{\text{axial}} = 55,74 \text{ lb}$$

Con la fig. 17 se muestra el sistema de cargas del eje (tubo).

Fig. 17 Sistema de cargas en el eje (tubo).



$$W = \text{Peso del tubo (lb/pie)} + \text{Peso del hélice (lb/pie)}$$

$$W = 1,13 + 0,6458$$

$$W = 1,7758 \text{ lb/pie (2,648 kg/m)}$$

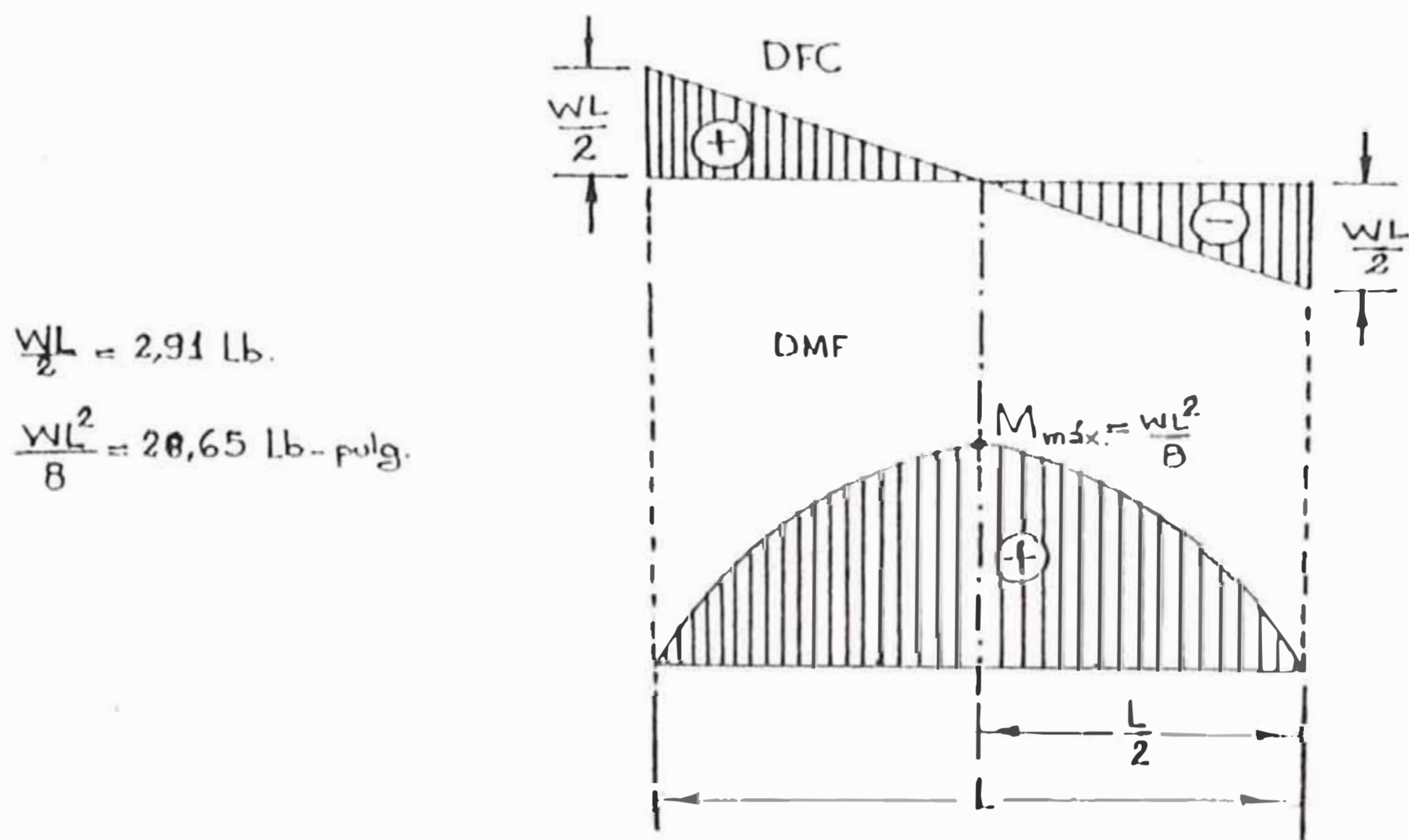
De la figura N° 18, se sabe que:

$$R = (W \cdot l)/2, \quad M_{\text{max}} = (W \cdot l^2)/8,$$

Luego:

$$R = 2,91 \text{ lb}, \quad M_{\text{max}} = 28,65 \text{ lb-pulg}$$

Fig. 18 Diagrama de Fuerza y Momentos.



Usando la ecuación de la A.S.M.E para ejes huecos, tenemos:

$$S_s = 16 / (d_o^3 \cdot \pi \cdot (1/K^4)) \cdot \sqrt{(K_m M + (F_a d_o (1+k)/8))^2 + (K_t T)^2}$$

Para tubo de $3/4" \Phi$, se tiene:

$$d_o = 1,05"$$

$$d_i = 0,824"$$

$$K = d_i/d_o = 0,824/1,05 = 0,7847$$

$K_m = 1,5$ y $K_t = 1,5$ para ejes en rotación con carga aplicada bruscamente.

Para acero comercial $S_s = 10\ 800$ PSI, por canal chavetero tomamos el 75%

$$S \text{ diseño} = 8\ 100 \text{ PSI}$$

Reemplazando:

$$S_s = 22,26 \times 37,32$$

$$S_s = 830,74$$

$$S_s < 8\ 100\ \text{PSI}$$

Para hallar la flecha máxima se usa:

$$Y_{\max} = (W.L/48EI) \cdot (L^3 - 2L^3/4 + L^3/8)$$

$$E = 2\ 100\ 000\ \text{km/cm}^2, \quad I = 1,541\ \text{cm}^4$$

$$\text{Luego: } Y_{\max} = 0,010\ \text{cm} = 0,1\ \text{mm}$$

Cálculo del Eje de Acoplamientos.

Considerando el doble del torque, tomando en cuenta F_a y M .

$$d = \sqrt[3]{(16 \times 24,39 \times 2) / (\pi \times 8100)}$$

$d = 0,313 < 0,824''$, asumo eje de 1" a ser rebajado a 0,824" diam. interior de tubo, siendo conforme.

$$S_s = (16/\pi \cdot d^3) \cdot \sqrt{(1,5 \cdot M + (F_a \cdot d/8))^2 + (1,5 \cdot T)^2}$$

$$S_s = 433,11$$

$$\text{Luego: } S_s < 8\ 100\ \text{PSI}$$

Realmente las cargas y momentos producidos en este gusano transportador son mínimos debido a su reducida capacidad.

3.3.2 Diseño del Gusano Transportador de Mazorca.

Se considera las características del material: $\tau_1 = 21 \text{ lb/pie}^3$ (mazorca)

Factor de llenado (C_1) = 0,30 (según "Aparatos de elevación y Transporte" de Helmut Ernst)

Coefficiente de resistencia (C_2) = 2,1

Capacidad de material = 4,94 t de mazorca/h

Flujo de material (Q) :

$$Q = 4,94 \cdot 2 \cdot 200 / 21$$

$$Q = 517,52 \text{ pie}^3/\text{h}$$

Seleccionamos una velocidad (V) de:

2 pies/s (del catálogo link belt N° 1000, pag. 84)

Para un paso aparente de:

$$P = 4,75'' (0,12065 \text{ m})$$

$$\text{Como: } V = 7 \cdot 200 \text{ pies/h} = P \cdot N \cdot 60 = 2 \text{ pies/s}$$

Reemplazando:

$$N = 303,15 \text{ RPM, tomamos } N = 300 \text{ RPM}$$

Se sabe que:

$$D = \sqrt{(4 \cdot Q \cdot 144) / (P \cdot N \cdot 60 \cdot C_1 \cdot \pi)}$$

$$D = 6,62'' \text{ , asumo } D = 6,75''$$

$$\text{También: } L = 0,56 \text{ m} = 1,83 \text{ pies:}$$

- Potencia de Trabajo.

$$P = (Q \cdot \gamma \cdot L \cdot C'z) / 1,98 \cdot 10^6$$

$$P = 0,0211 \text{ HP}$$

De la misma forma realizada en 3.3.1
(Gusano transportador de grano).

$$Fr = 132 \cdot 0,3 = 39,6 \text{ lb}$$

$$\tan \Phi = 4,75 / (\pi \cdot 6,75") = 0,2239$$

$$\text{Luego: } \Phi = 12,62^\circ$$

$$\text{Como: } Fr_{\text{radial}} = Fr \cdot \text{Sen } \Phi = 8,655 \text{ lb}$$

$$\text{Pot por fr.} = 360 \cdot (675/12) \cdot 8,65 / 6300$$

$$\text{Pot por fricción} = 0,023 \text{ HP}$$

- Cálculos de las Planchas de la hélice
(idem a 3.3.1)

$$\text{Tenemos: } D = 6,75" \text{ , } L = 4,75/12 \text{ ,}$$

$$d = 2"$$

$$D'/d' = \sqrt{[(\pi \cdot D)^2 + P^2] / [(\pi \cdot d)^2 + P^2]}$$

$$D' = 6,88"$$

$$d' = 2,13" \text{ (Eje de acero comercial)}$$

$$\text{Pot} = (Q \cdot \tau \cdot L \cdot C'z) / 1,98 \cdot 10^6$$

$$\text{Pot} = 0,00456 \text{ Hp} = 2,4697 \text{ lb-pie/s}$$

$$F' = \text{Pot}/V$$

$$F' = 1,235 \text{ lb}$$

$$F'' = (Fr.P)/(2.D)$$

$$F'' = 13,93 \text{ lb}$$

La fuerza real es:

$$F = 1,235 + 13,93 = 15,168 \text{ lb}$$

$$W = F/(\pi.D) = 15,168/(\pi.6,75)$$

$$W = 0,715 \text{ lb/pulg}$$

Luego reemplazando valores en la fórmula (*) de la pág. 43 se obtiene el espesor $(t_1) = 0,0023''$

Considerando la corrosión = $0,0625''$

$$\begin{aligned} \text{luego el espesor} &= 0,0023'' + 0,0625'' \\ &= 0,085'' < 3/32''. \end{aligned}$$

Se considera una plancha de espesor $3/32''$.

El peso propio de la plancha no es significativo ya que $3/32'' = 0,09375''$

- Cálculo del eje por torsión.

Se sabe que el torque (T):

$$T = 6300. \text{Pot. Fa.}/N$$

donde: Pot. = 10 Hp considerando

máquinas similares

Fa. = 1,7 (factor de arranque)

N = 300 RPM.

Reemplazando: T= 3570 lb-pulg.

Considerando el doble del torque y chequeando por esfuerzos.

Se sabe que el diámetro (d) es :

$$d = \sqrt{16 \cdot (2T) / (\pi \cdot 8100)}$$

$$d = 1.65''$$

Se considera d = 2". Estaremos sobredimensionando el eje pero en proporción a las dimensiones del canal 4"C 7,25 .

Ahora la tensión cortante (S_s)

$$S_s = 16 / (\pi \cdot d^3) \cdot \sqrt{(1,9 \cdot M + (Fa \cdot d / 8))^2 + (1,9 \cdot T)^2}$$

Reemplazando : $S_s = 4,318.4$ PSI

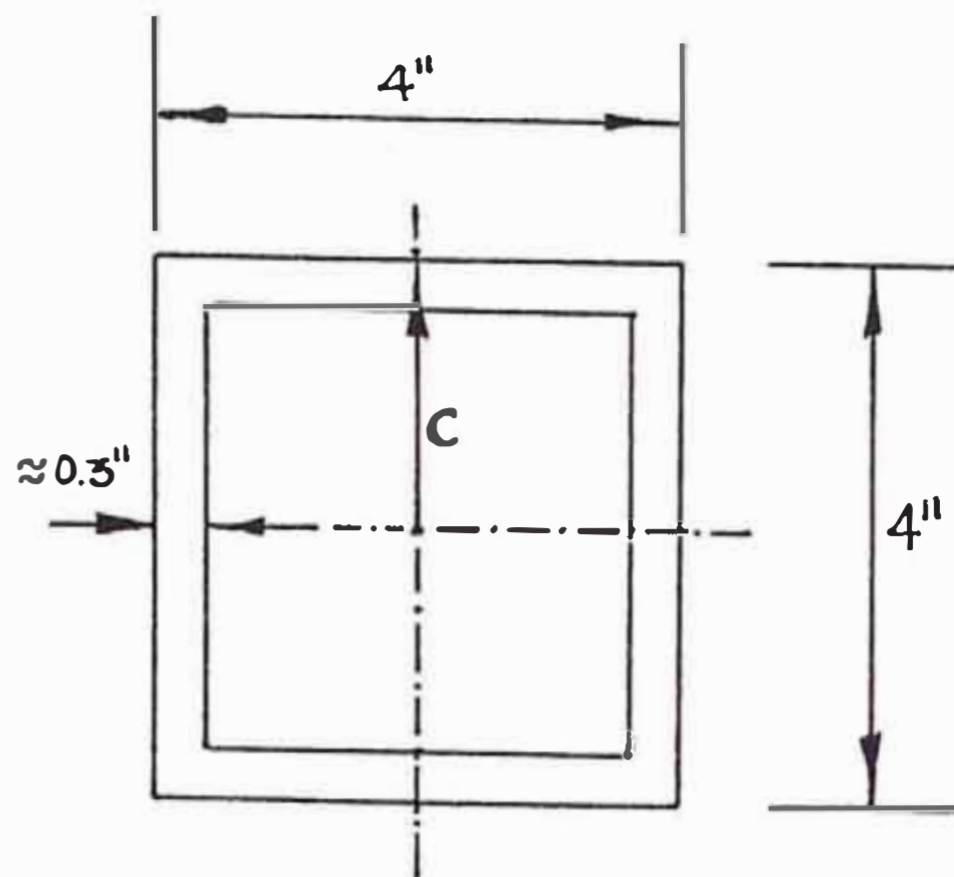
Como $S_s < 8100$ PSI. Estaría correcto dicho diámetro.

- Cálculo del Eje de tubo cuadrado.

Para nuestro Eje cuadrado hueco tenemos que el esfuerzo de la tensión por flexión a cualquier distancia del eje neutro es: $S = M \cdot C / I$.

Del "Manual of Steel Construction"
A.I.S.C. (ver fig. 19).

Fig. 19



Tenemos que:

$I = 9,23 \text{ pulg}^4$ para [] 4" de 5/16"
(espesor del alma).

$$S = M \cdot 2" / 9,23 \text{ pulg}^4 \dots\dots (x)$$

Del círculo de Mohr para nuestro elemento, se tiene que el valor de la máxima tensión cortante para carga estática (SS_{\max}) viene dada por la ecuación:

$$SS_{\max} = \sqrt{(0,5 \cdot S)^2 + (SS_1)^2} \dots\dots (z)$$

(Pag. 140 del libro Proyecto de Elementos de Máquinas-Spotts).

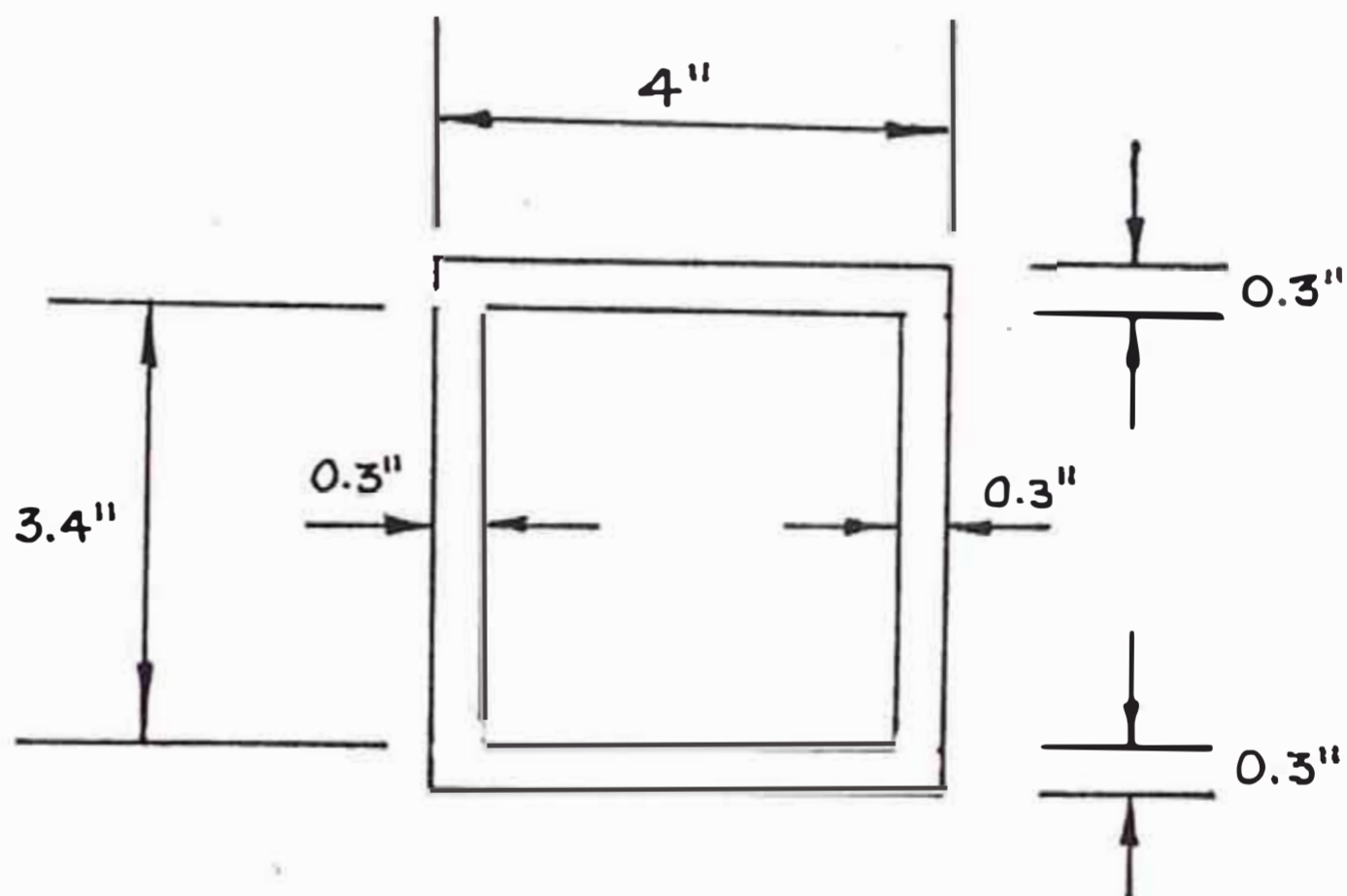
Donde:

$SS_1 =$ Tensión cortante producida por el momento torsor.

- Cálculo de la máxima tensión cortante (S_s).

El momento de torsión soportado por una sección transversal, compuesta de un número de figuras sencillas unidas, es igual a la suma de los momentos torsores de las partes separadas (ver fig. 20).

Fig. 20



Luego, el S_{s1} según el "Libro de Proyectos de elementos de máquinas" SPOTTS pag. 167 (*) es:

Para las barras horizontales:

$$b_1/C_1 = 4/0,3 = 13,33$$

De la tabla 3.4 de (*), tenemos que:

$$\alpha_1 = 0,415$$

$$\beta' = 0,415$$

Para las barras verticales:

$$b_2/C_2 = 3,4/0,3 = 11,33$$

De la tabla 3.4 de (*), tenemos que:

$$\beta'' = 0,353$$

Luego, para el elemento de longitud mayor, tenemos que:

$$S_{s1} = (T \cdot \beta' \cdot C_1) / \alpha_1 \cdot (2 \cdot \beta' \cdot b_1 \cdot C_1^3 + 2 \cdot \beta'' \cdot b_2 \cdot C_2^3)$$

$$S_{s1} = 1,9423 \cdot T \dots\dots\dots(y)$$

Reemplazando (x) e (y) en (z) y aplicando las constantes según el código ASME:

$$S_{S_{max}} = \sqrt{(C_m \cdot (S/2))^2 + (C_t \cdot S_{s1})^2}$$

Donde:

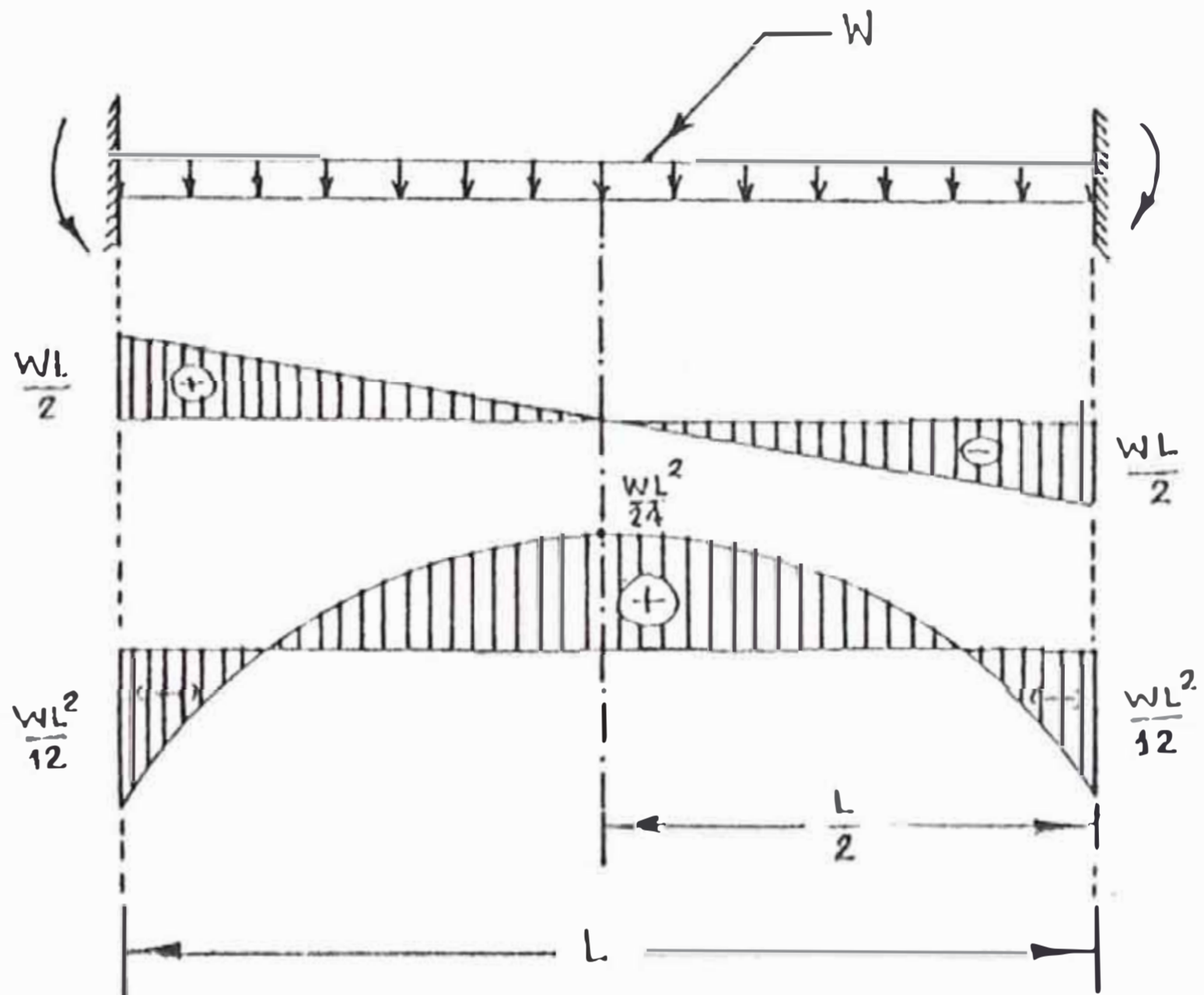
$C_m = 2$ y $C_t = 1,5$ para cargas aplicadas bruscamente (código ASME)

$$S_{S_{max}} = \sqrt{(2 \cdot M/9,23)^2 + (1,5 \cdot 1,9423 \cdot T)^2} \dots(w)$$

El torque $T_{max} = 3570$ lb-pulg, sólo necesitamos para calcular el momento y la deformación más crítica, considerar

empotrados a ambos extremos al tubo cuadrado formado por 2 canales de 4" . 7,25 lb/pie soldados a lo largo (ver fig. 21).

Fig. 21



El punto más crítico es en los extremos soldados.

$$M_{max} = w \cdot l^2 / 12, \quad Fa = w \cdot l / 2$$

Donde : $W_{radial} = F \cdot \# \text{ cuchillas} / L$
siendo: $F = 11 \text{ lb}$ (fuerza de desgrane).

$$L = 0,5459\text{m} = 1,791 \text{ pies.}$$

cuchillas = 18

Reemp. $W_{\text{radial}} = 9,212 \text{ lb/pulg.}$

También : $W_{\text{tubo}} = 7,25 \text{ lb/pie} \cdot 2$

$W_{\text{tubo}} = 1,208 \text{ lb/pulg}$

Luego :

$$w = W_{\text{radial}} + W_{\text{tubo}}$$

$$w = 10,42 \text{ lb/pulg}$$

Reemplazando valores se tiene :

$$M_{\text{max}} = 10,42 \cdot (21,492)^2 / 12$$

$$M_{\text{max}} = 401,08 \text{ lb-pulg}$$

En (w) $S_{\text{max}} = 10401 \text{ lb/pulg}^2 = 732,82 \text{ kg/cm}^2$

Siendo este valor menor que 2600 kg/cm^2

(SAR 1020 aceros Arequipa).

La deformación más crítica será :

$$Y_{\text{max}} = w \cdot l^4 / 384 \cdot E \cdot I$$

$$Y_{\text{max}} = 0,00002'' = 0,0005 \text{ mm}$$

3.4 Diseño de elementos desgranadores.

Los elementos desgranadores consisten en cuchillas que golpean al grano de la mazorca; con el fin de obtener velocidad de rotación bajas (200-300 RPM) se trata de tener las cuchillas robustas.

La acción desgranadora de las cuchillas se determina por la reserva de la energía cinética en el momento del golpe sobre el grano, la cual requiere una potencia de:

$$Pot_1 = F.R.(2.\pi.N/60).N^\circ \text{ de cuchillas}$$

El flujo de material que entra al molino es:

$$(4 \text{ t de grano/h}).0,210 \text{ (peso de mazorca)}/0,170 \text{ (peso del grano/mazorca)} = 4,94 \text{ t/h}$$

Si asumimos un $N(\text{RPMmax})$ de 300, la masa de mazorca que golpea cada martillo en 1 segundo es:

$$[(4,94.2 \text{ 200})/(2.\pi.(N/60).3 \text{ 600})] \text{ lb} = 0,096 \text{ lb} (0,043 \text{ kg})$$

Esta masa es pequeña y necesita una fuerza (F) de 11 lb (5 kg) para desgranar la mazorca (ver Anexo 2).

Donde : $R = 4,5''$ (radio promedio de la cuchilla)

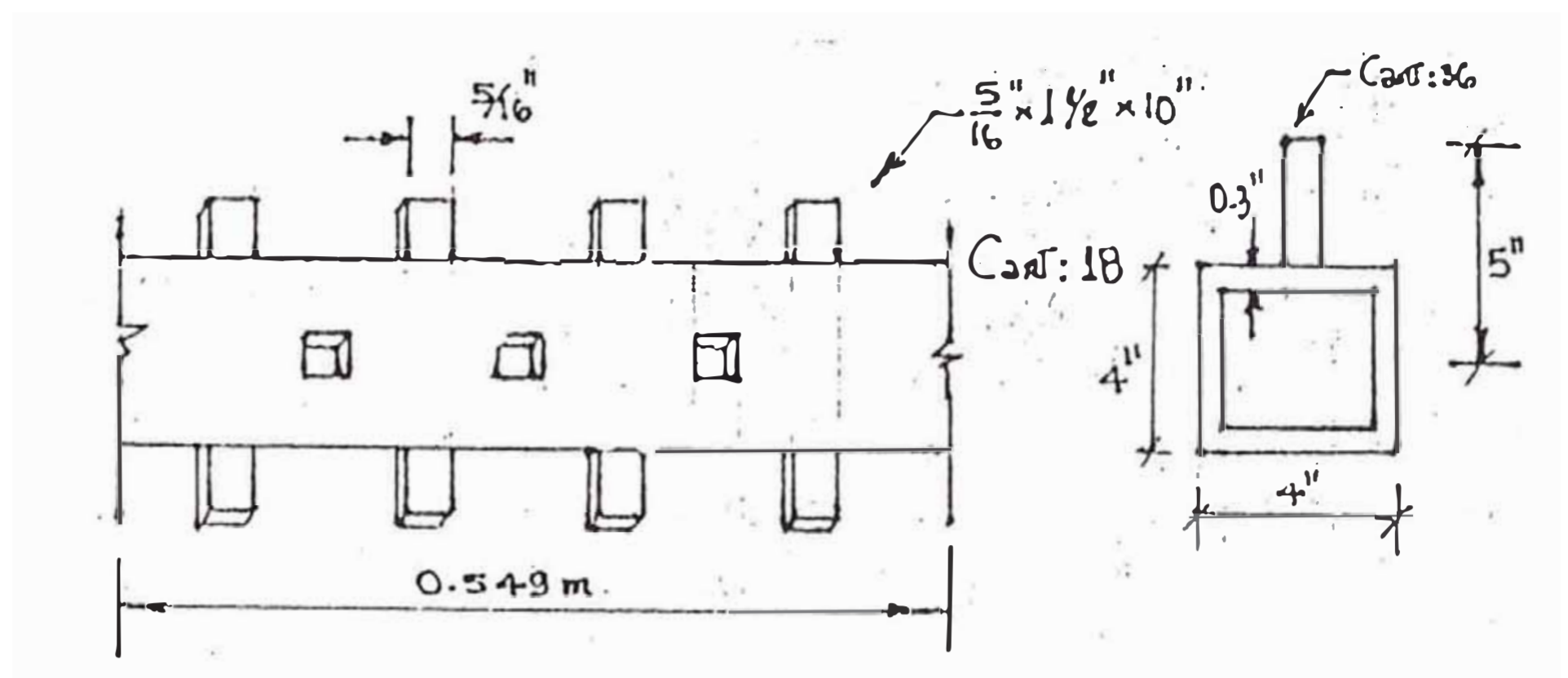
Luego, la potencia que requiere el molino según la fig. 22 es:

$$Pot_1 = F.R.(2.\pi.N/60).N^\circ \text{ de cuchillas}/550$$

$$Pot_1 = 11(4,5''/12).(10.\pi).18/550$$

$$Pot_1 = 4,24 \text{ HP}$$

Fig. 22



-- Comprobación del cálculo de la Fuerza de Desgranado.

Según el libro de "Procedimientos de Fabricación y Control" por J.M. Lasheras (Cap. Prensas tomo I). La energía producida por la volante es :

$$E = 0,5 \cdot I \cdot w^2 / 1800 \quad (\text{lb-pulg})$$

I (lb-pulg-s²) momento de inercia

w : RPM (velocidad angular)

E : Energía producida

La volante en nuestro caso consiste en un tubo cuadrado formado por 2 canales de 4" [7,5 que tienen 18 cuchillas de 5/16" x 1 1/2" x 10" , una longitud de 0,549 m (ver figura 22).

$$I = (1/12)m_1(8,88) + (1/12)m_2(100.03)$$

Donde:

$$m_1 = (36/g) \cdot (5'' \cdot (5/16'') \cdot 1,5'') \cdot 490/12^3 \text{ lb/pulg}^3$$

$$m = 7,25 \text{ lb} \cdot 2 \cdot 0,549/(g \cdot 0,3048)$$

Luego :

$$I = 0,569 \text{ lb-pulg-s}^2$$

Reemplazando

$$E = 0,5 \cdot (0,569) \cdot (300)^2/1800$$

$$E = 14,225 \text{ lb-pulg.}$$

Ahora : $E = F \cdot \text{carrera} \cdot N^\circ \text{ cuchillas}$

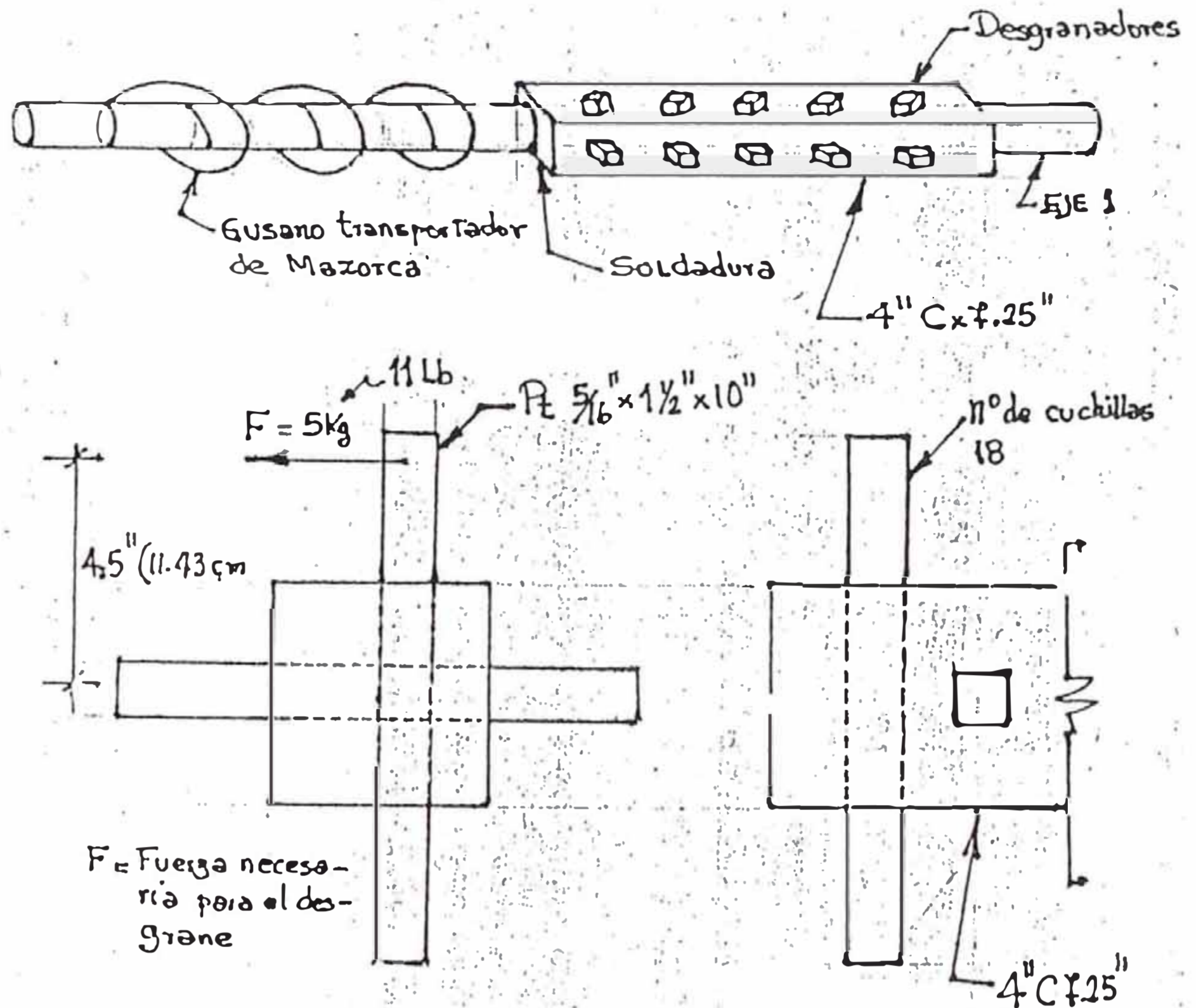
Según ASTM (tool Engineer Handbook) las Prensas consideran una carrera de 1/8" para prensas de accionamiento directo por volante.

$$\text{Luego : } 14,225 \text{ lb-pulg.} = F (1/8'') \cdot 18$$

Entonces : $F = 6,32 \text{ lb.} < 11 \text{ lb.}$ (fuerza de desgranado)

Para darle mayor rigidez al soporte de las cuchillas desgranadoras se ha considerado que estén apoyados sobre 2 canales (4" x 7,25 lb/pie). Estos se encuentran soldados formando una sección cuadrada de 4" de lado, las cuchillas irán según la fig. 23.

Fig. 23 Esquema del eje con gusano transportador de mazorca y degranadores.



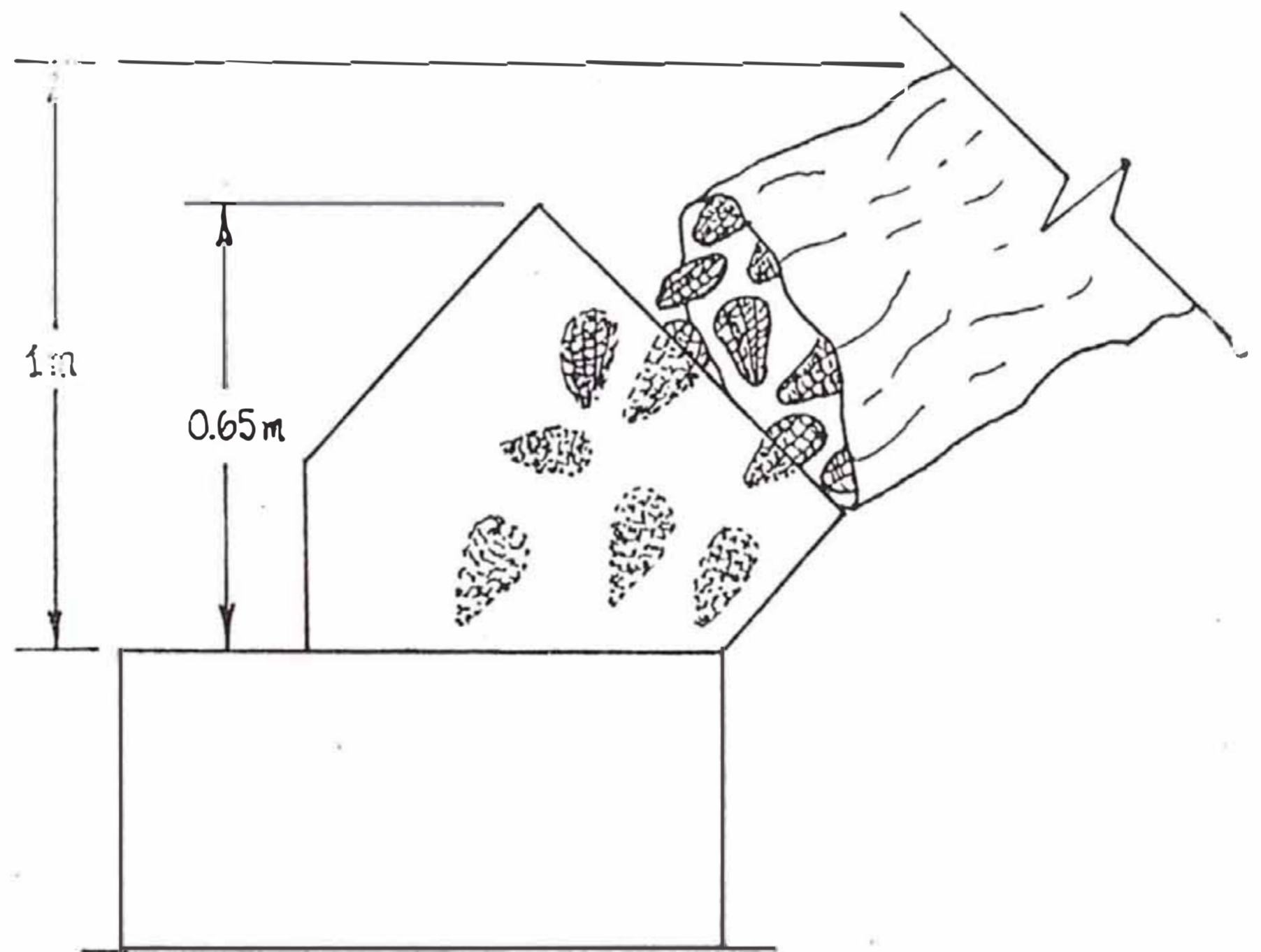
3.5 Diseño de los Alimentadores Y Evacuadores.

3.5.1 Diseño de la tolva de alimentación.

Para calcular el espesor de la plancha de fabricación de la tolva de alimentación, tendremos que hallar primero la presión actuante sobre sus paredes. La carga más crítica será la producida mediante la acción de impacto al momento de descargar una carga de 60 kg (12 costales).

De acuerdo a las dimensiones de las tolvas según modelos existentes, su altura es de 0,65 m y considerando que las personas descarguen los costales sobre la tolva con una altura de 0,35 m más de la altura de la tolva (ver fig. 24).

Fig. 24



Se asume una altura de descarga de $(0,65 + 0,35 \text{ m}) = 1 \text{ m}$ esto es :

$$h = 1,00 \text{ m}$$

El tiempo de duración de caída (t) será:

$$t = \sqrt{2h/g}$$

Reemplazando: $t = 0,45 \text{ s}$

Ahora la $V_{max} = t.g$

Luego, $V_{max} = 4,43 \text{ m/s}$

La carga de impacto (I) se determinará sabiendo que: $I \cdot T_i = m \cdot V_{max} \dots (*)$

Donde T_i : Es el tiempo mínimo instantáneo en que se desacelera el material al entrar en contacto con el fondo de la tolva y podemos asumir $T_i = 0,1 \text{ s}$ debido a datos experimentales.

m - masa del material

$m = 30 \text{ kg} / 9,8 \text{ m/s}^2$

$m = 3,0612$

Reemplazando en (*):

$I (0,1) = 3,0612 (4,43)$

$I (0,1) = 13,56$

$I = 135,6 \text{ kg}$

La presión producida en el fondo por el impacto (P_i) será:

$P_i = I/A$ proyectada

Siendo el A proyectada de $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ según dimensiones de modelos existentes.

Reemplazando:

$$P_i = 0,0542 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_i = 0,77 \text{ PSI}$$

A esta presión le añadimos la presión producida por el peso propio del material según el libro de "SILOS" de M y A Reimbert Edit. Aguilar, se tiene que para silos de base o lados poligonales.

El empuje lateral máximo es

$$E_{\max} = S \cdot r / \tan \alpha$$

Donde:

s = peso específico del material (45 lb/pie³)

α = ángulo de rozamiento interno del material $\alpha = 38^\circ$

Dicho valor se han considerado por pruebas que se han desarrollado (ver Anexo 3).

De la figura 25 se tiene:

r = Radio hidráulico medio

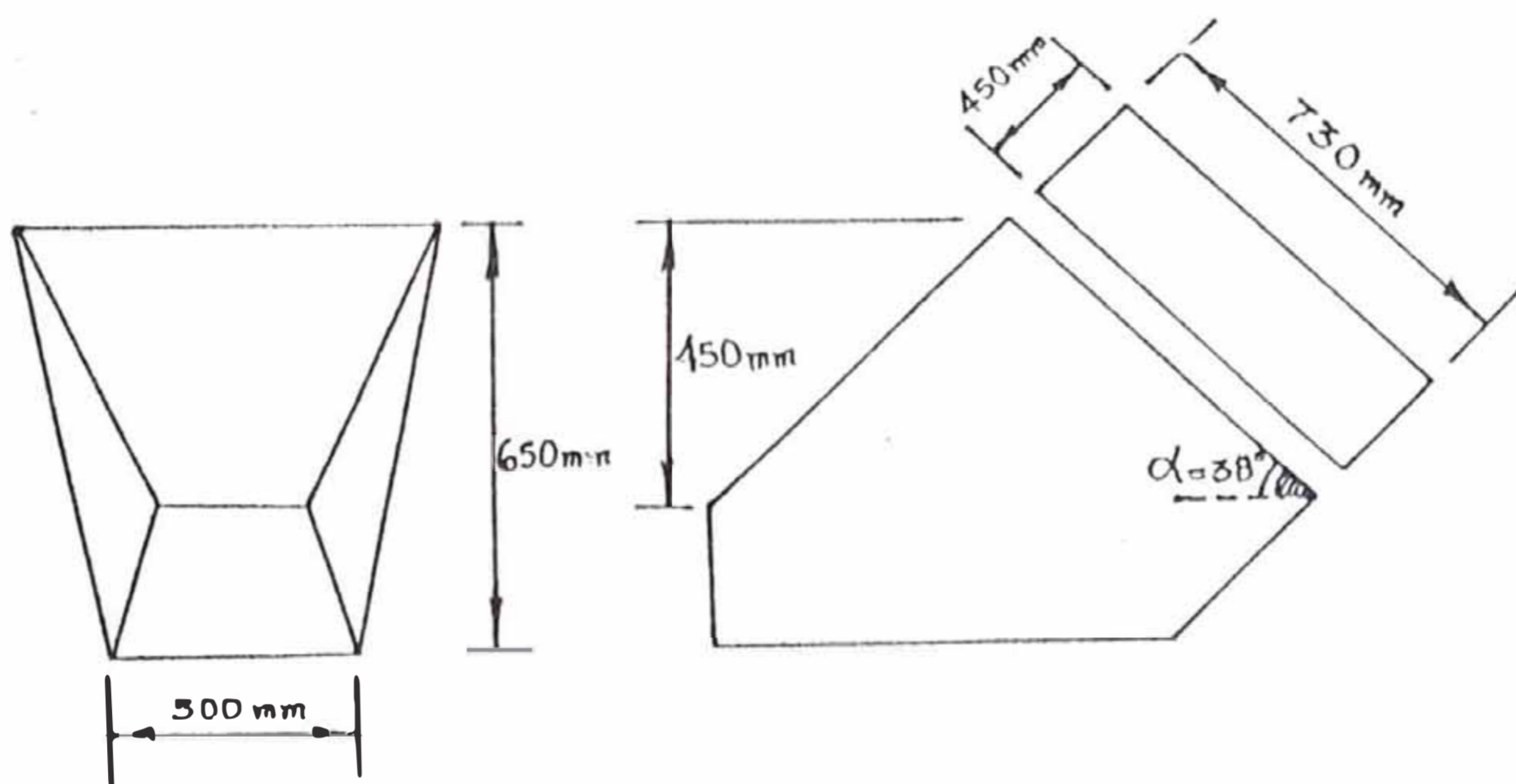
r = Area silo/perímetro = $0,5 \cdot 0,35/1,70$

r = $0,103$ m = $0,338$ pies.

H = Profundidad del silo = $0,65$ m

h = Altura superior del silo = $0,35$ m

Fig. 25 Tolva



Reemplazando valores tenemos que:

$$E_{\max} = 19,468 \text{ lb/pie}^2 = 0,1352 \text{ PSI}$$

Ahora : $F_{\max} = P_i + E_{\max}$

$$= 0,77 + 0,1352$$

$$F_{\max} = 0,905 \text{ PSI}$$

Cálculo del espesor (t):

$$t = (a \cdot P_{\max} / 22\ 000) + T_c$$

Donde:

a = Longitud mayor de base de la tolva.

a = 20" (500 mm) (ver fig. 24).

T_c = espesor por corrosión, se considera 0,0625"

Reemplazando:

$$t = 0,0633"$$

Se selecciona plancha de 1/16" de espesor para la tolva de carga.

Los detalles de rigidez y de nervadura se verán en los planos.

3.5.2 Diseño del Ventilador de Evacuación.

Al empezar a desgranarse el maíz queda la coronta, además los desechos del mismo lo cual se debe de expulsar hacia el exterior de la máquina. Por lo cual se colocará un ventilador que sea accionado por la misma velocidad que emplea la máquina para su funcionamiento (ver fig. 26).

Según el libro de transporte neumático de materiales por Engineering Equipment Users Association - Edit. Labor, la velocidad mínima recomendada es de 1,5 m/s y máxima 6 m/s. Tomemos un promedio de:

$$V = 3,75 \text{ m/s}$$

El ducto por dimensiones de la mazorca será de 0,20 m x 0,20 m como mínimo.

a. Caída de Presión por Rozamiento en el ducto.

Se refiere por la sigte. ecuación

$$(P_1 - P_2)_{\text{roz}} = F_2 \cdot L \cdot V^2 / 2g \cdot D$$

Donde:

$F_2 = 0,7$ (Factor de rozamiento en la tubería o ducto para velocidad de 1 a 5 m/s)

$D = 4 \text{ Area ducto} / \text{perímetro} = 0,20 \text{ m}$

$L = \text{Long. ducto} = 1,20 \text{ m}$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$V = \text{Velocidad media (m/s)}$

b. Caída de Presión para acelerar el material desde el estado de reposo.

$$(P_1 - P_2)_{\text{aceler}} = F_1 \cdot V^2 / 2g$$

Donde:

$$F_1 = 2 \text{ a } 3 = 2,5 \text{ (Factor del material de aceleración)}$$

c. Caída de Presión por cambio de dirección.

$$(P_1 - P_2)_{\text{codos}} = F_3 \cdot V^2 / 2g \cdot \pi \cdot N$$

N = N° de codos

$$F_3 = 0,5 \text{ (ver Tabla 1)}.$$

Tabla 1 Factor de cambio de Dirección por los codos.

Radio de Curvatura ----- DIAM. - TUBERIA	F ₃
2	1,5
4	0,75
6 o más	0,5

Luego, para un ducto de 0,2 x 0,2 m²
(con un peso específico = 336 x 0,9
= 302,4 kg/m) considerando la mezcla de
aire y desperdicios.

d. Caída de Presión Total.

$$(P_1 - P_2)_{tot} = [V^2(F_1 + L \cdot F_2/D + F_3 \cdot L) + H]/2g$$

Donde: H = 2 m elevación vertical del desperdicio al ser expulsado.

$$(P_1 - P_2)_{tot} = 2166,9$$

e. Cálculo de la potencia del ventilador (Pv).

$$Pv = (P_1 - P_2)_{tot} \cdot A \cdot V/75$$

A = 0,2 x 0,2 m² Sección transversal del ducto

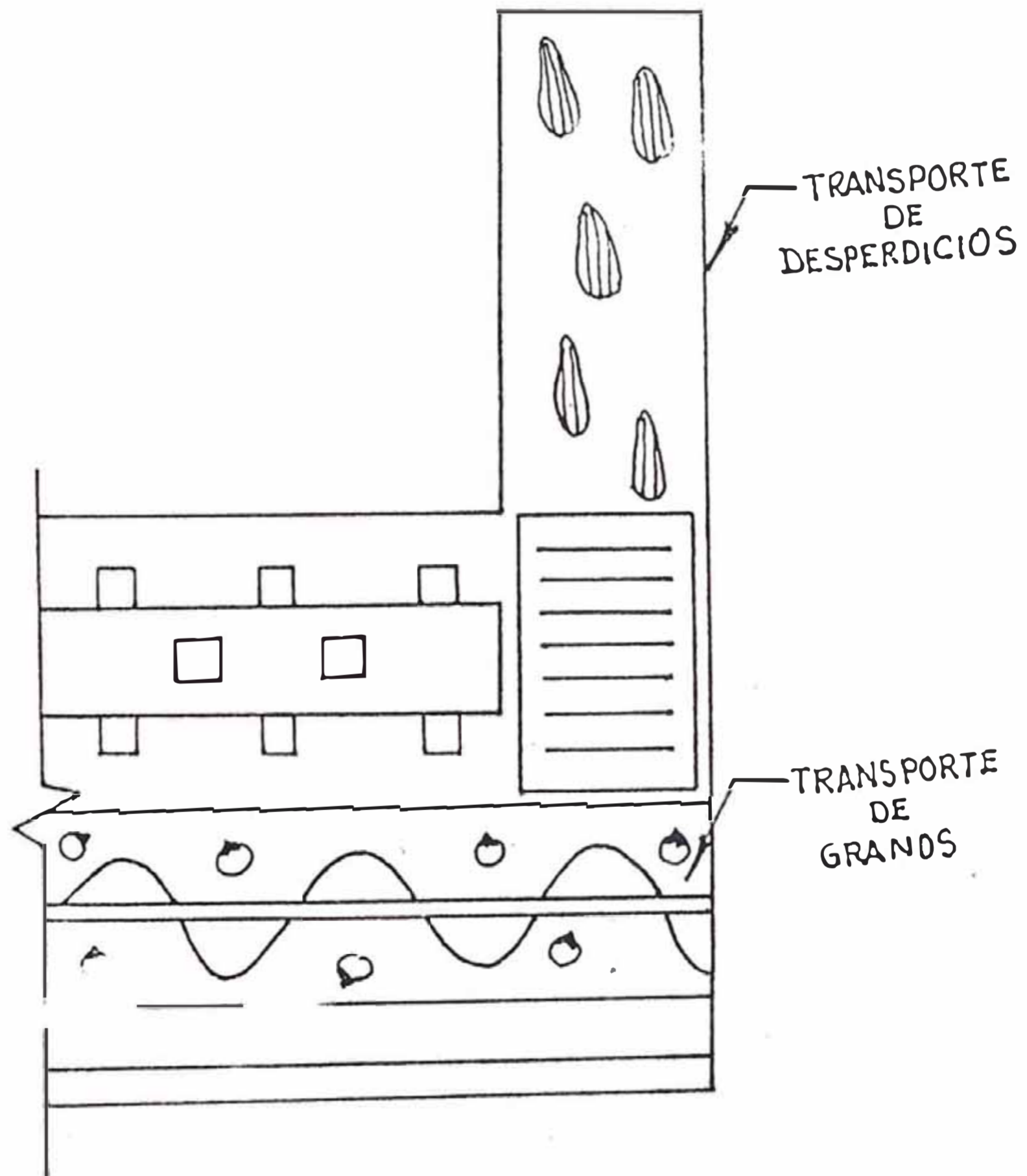
Reemplazando, obtendremos:

Pv = 4,33 CV (4,25 HP) que sera la potencia del ventilador requerido.

El ventilador tendrá álabes axiales a lo largo de un rotor en forma de cilindro, ya que se reduce el ruido, mantienen un flujo constante y sea de fácil construcción y mantenimiento.

Los detalles de construcción del ventilador se ve en los planos.

Fig. 26 Sistema de Extracción Neumático.



CAPITULO IV

INGENIERIA DEL PROCESO

Este capítulo comprende el diseño del proceso para la fabricación de la máquina desgranadora de maíz, teniendo en cuenta las consideraciones constructivas más adecuadas y posibles, mencionando las especificaciones técnicas de los suministros y las características de las máquinas y herramientas a emplear.

4.1 Consideraciones Constructivas.

La máquina desgranadora de maíz emplea en forma general para su construcción, materiales metálicos; para una buena fabricación se tomará las siguientes consideraciones:

Se emplearán insumos nacionales en su mayoría.

Se tendrá un diagrama para el proceso de fabricación en forma clara y lógica.

Su construcción será totalmente metálica, ya que las condiciones de trabajo de las máquinas así lo requieren.

Será bastante liviana, para que se pueda transportar fácilmente.

Se podrá desmontar la máquina, debido a que su armado así lo permitirá.

La desgranadora de maíz está conformada por las siguientes partes:

Estructura (laterales).

Cuerpo.

Tolva de carga.

Ducto de descarga

Carcaza de turbina

Eje principal.

Gusano extractor.

Ventilador

Cámara de desgranado (Zaranda).

Poleas.

Sistema de transmisión.

Accesorios.

Las partes de la desgranadora de maíz mencionadas, han sido tratados en el Cap.3, donde se ha desarrollado el diseño de los mismos.

Los materiales con los que se construye una desgranadora de maíz, serán en su totalidad de procedencia nacional, teniendo como insumos importados solamente los rodamientos. A continuación una relación de materiales de acuerdo las partes de la desgranadora de maíz.

Tabla 2 Relación de materiales a emplear en la máquina.

Nº	Materiales	Cantidad	Partes
01	Plancha de acero de 1/8" de espesor	4	Estructura, cuerpo, tolva, ducto de descarga, carcasa y paleta de ventilador.
02	Plancha de acero de 3/16" de espesor	1	Ventilador, refuerzos estructuras soportes.
03	Plancha de acero perforada de 1/2"	1	Zaranda.
04	Perfil U de 2"x4"x2"x1/4" de 2,4 m. de largo	1	Eje principal.
05	Barra de acero trefilado de 1/2"	1	Eje principal.
06	Tubo de 1" Φ	1	Gusano extractor.
07	Chumacera UCF 208	2	Rodamiento de eje principal.
08	Chumacera UCF 205	2	Rodamiento de eje de gusano extractor.
09	Lata de soldadura E6011	1	Estructura en general.
10	Perno de 1/2"x1 1/2"	25	Eje principal.
11	Perno de 3/8"x1 1/2"	25	Eje secundario.
12	Perno de 5/16"x1 1/2"	50	Estructura.
13	Gals de pintura y de solvente	1	Acabado.
14	Galón de masilla	1	Acabado.
15	Poleas de fe. fun.	3	S. de transmisión.
16	Metros de platina 1 1/2"x5/16"	2,5	Sistema de desgranado.

Las operaciones básicas a realizar para la construcción de la desgranadora de maíz son:

- a. Operación Habilitado.
- b. Operación Conformado.
- c. Operación Soldadura.
- d. Operación Maquinado.
- e. Operación Montaje.
- f. Operación Acabado.

- a. Operación Habilitado.

Es el inicio de la construcción, donde los insumos son convertidos a medidas convenientes de acuerdo a los planos de trabajo. Para ello se empleará de habilitación de la materia prima que son:

- a.1 El oxicorte.
- a.2 Guillotina.
- a.3 Sierra Hidráulica.
- a.4 Sierra Manual.

- a.1 El oxicorte o corte con soplete, se emplea para cortar planchas de diferentes espesores, empleando como agente de

calentamiento el gas propano al cual se le añade el oxígeno en el soplete.

a.2 La guillotina se emplea para el corte de planchas delgadas, la cual tiene una palanca de acondicionamiento manual a fin de que el ángulo de inclinación, permanezca constante a la arista cortante.

a.3 La Sierra Hidráulica o Sierra de corte alternativo se emplea para la habilitación de ejes de diferente diámetro, con ellos se acelerará el proceso de corte, convirtiéndose en un operario más; también realiza corte de tubos y platina, consiguiendo una pérdida de material mínimo.

a.4 La Sierra manual, se emplea para la habilitación de piezas pequeñas o livianas.

b. Operación Conformado.

Es la transformación de la materia prima sin arranque de viruta, empleando para ello equipos como:

- b.1 La Dobladora Manual
- b.2 La Roladora Manual.
- b.3 Traccionado.

b.1 La Dobladora Manual, se utiliza para la conformación de las planchas en ángulos rectos, agudos u obtusos dependiendo del modelo que se desea lograr.

b.2 La Roladora Manual, se emplea para la conformación de las planchas en forma curva, dependiendo éstas del radio que como mínimo se desee lograr de acuerdo al diseño.

b.3 El Traccionado Manual, se utiliza para la conformación de la construcción de los helicoidales de los gusanos transportadores principal y secundario como accesorios, se realiza utilizando un polipasto de 2 ton de capacidad, para la referida operación se requiere de un **poyo** de concreto como apoyo y una viga con una longitud mínima del largo de los gusanos que se desee construir

c. Operación de Soldadura.

Es la más importante en la construcción de la máquina; el método empleado es la soldadura por arco protegido, el cual forma un arco entre una varilla de metal consumible (electrodo) y el material de trabajo. El intenso calor del arco, que llega a una temperatura de 7200°C funde el electrodo y la superficie de trabajo adyacente al arco y suministra material de relleno para el depósito de soldadura, luego se introduce otros materiales dentro y/o alrededor del arco los cuales sirven para asegurar la resistencia y calidad de la soldadura que se está ejecutando. El tipo de soldadura empleada es la E6011, contando el operador que realiza la soldadura una máscara, un par de guantes y un mandil de cuero reforzado, todo esto es por medida de seguridad.

d. Operación Maquinado.

Es la transformación de la materia prima con arranque de viruta, empleando para ello las siguientes máquinas: Taladro-Fresador y Torno.

El Taladro-Fresador, es una máquina herramienta de uso múltiple para la ejecución de operaciones de taladrado y fresado respectivamente, los cuales van dentro del proceso de fabricación de la desgranadora de maíz. Para su uso requiere de herramientas de corte como brocas y fresas de diferentes diámetros, se emplean velocidades de corte adecuados al trabajo a realizar. Se utilizan además herramientas de medición de alta precisión como calibradores, micrómetros, etc.

El Torno, es una máquina que ejecuta trabajos de diversas formas, principalmente en las piezas de revolución de la desgranadora. Las piezas cilíndricas se obtienen en el torno según sean trabajadas interior y exteriormente, el torneado puede ser longitudinal o de cilindrado. En las superficies planas se realizan mediante refrendado o torneado al aire. Los conos se hacen mediante torneados cónicos, las piezas perfiladas o de forma, también se realizan en el torno, las roscas de las piezas que las necesitan se hacen mediante roscado o tallado de rosca al torno.

e. Operación Montaje.

Esta operación debe ser realizado por un personal especializado en montajes de máquinas desgranadoras de maíz o similares, ya que deben efectuar la unión de un conjunto de partes en forma precisa y estable, de tal manera que la máquina quede totalmente constituída. Esto es ordenar y colocar cada parte en el lugar correcto y poder realizar las pruebas correspondientes de rigor para asegurar la calidad de lo que se está construyendo o armando. Debe considerarse que la máquina se pueda desmontar en forma rápida y adecuada.

f. Operación de Acabado.

Es la operación final, que se realiza después de haber hecho las pruebas de funcionamiento respectivas de la máquina. El acabado de la máquina es fundamental, ya que su presentación es muy importante principalmente para su comercialización. Dicha operación se divide en dos procesos:

f.1 El Masillado.

f.2 El Pintado.

f.1 El Masillado, debe realizarse luego de hacer lo siguiente: Se esmerila, todas las partes necesarias de la máquina para poder sacar las escorias dejadas por la soldadura, luego se procede a efectuar un lijado general por personal idóneo, para posteriormente pasarle una mano de acondicionador de metales, sacando con esto todo el vestigio de óxido acumulado en el proceso de fabricación. Después de todo lo anterior, se procede a masillar todas las zonas disperejas como abolladuras o huecos para dejarlo totalmente parejo, una vez secada la masilla se lijará de tal forma que su acabado sea correcto, todo este proceso es manual.

f.2 El Pintado o recubrimiento es muy importante en el tiempo de vida del equipo, para ello se debe contar con un equipo de pintura, compuesto por una compresora accionada por un motor eléctrico, una pistola de baja presión de aire para el atomizador de pintura. La pintura a utilizar se debe combinar con thinner en

propiedades adecuadas de tal manera que el rociado sobre la máquina sea adecuado. El pintado de la máquina debe tener 3 capas:

El Anticorrosivo.

La Primera mano de esmalte.

El Acabado.

Lo recomendable, es que el pintado lo debe realizar una persona de experiencia.

4.2 Diagrama para la realización de la máquina desgranadora de maíz.

Para fabricar la máquina, es necesario presentar en forma clara y lógica la información relacionado con el proceso ya que se tiene que reunir todos los hechos necesarios relacionados con las operaciones de información como de piezas a producir, programas de entrega, tiempos de operación, instalaciones, diversas capacidades de las máquinas, materiales y herramientas especiales. Se utilizarán los diagramas que tendrán aplicaciones específicas que son:

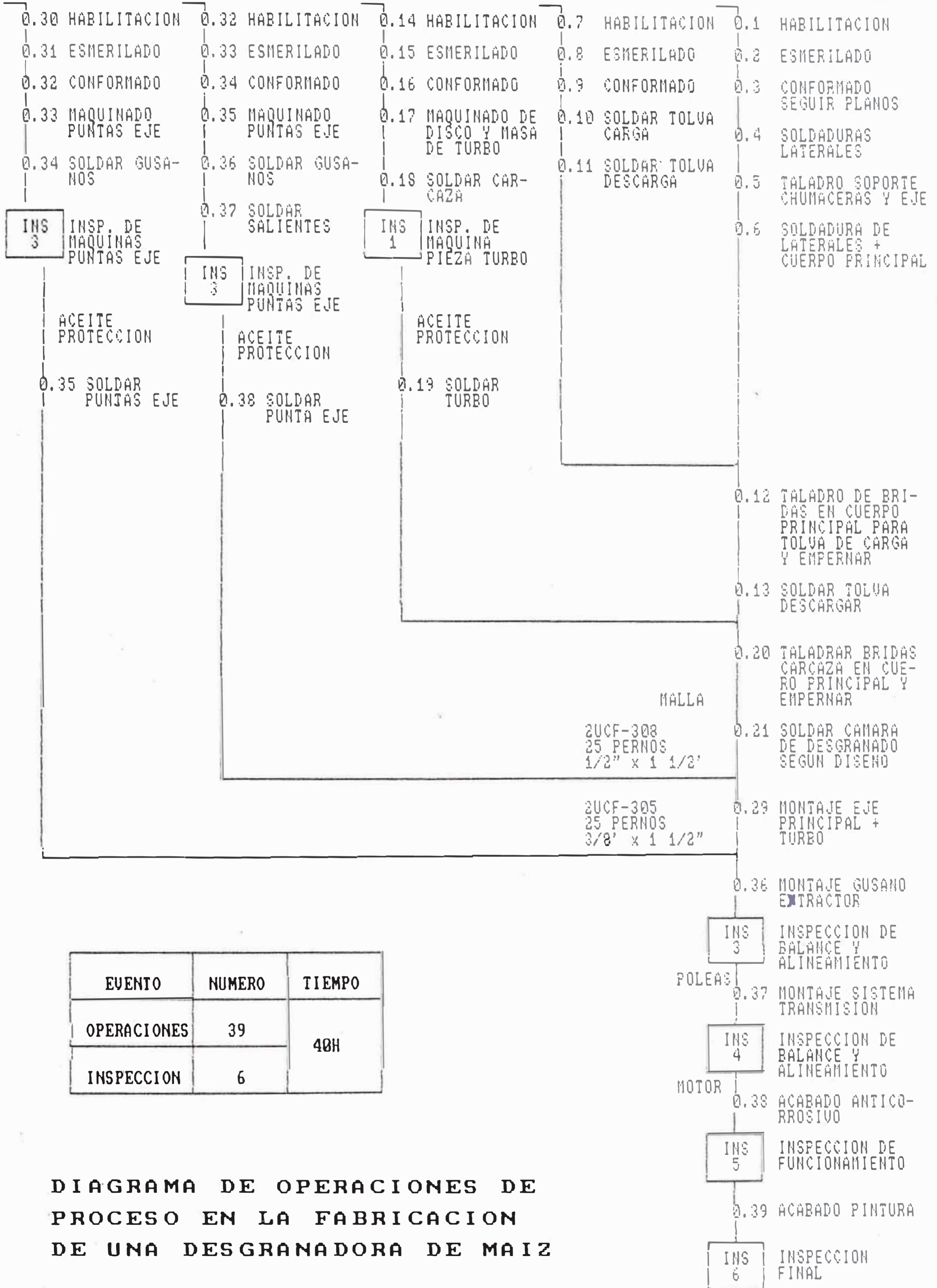
4.2.1 Diagrama de Proceso.

En este diagrama se mostrará la secuencia cronológica de todas las operaciones de taller o en máquinas, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado; además señalará la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamblaje con el conjunto principal.

4.2.2 Diagrama de Flujo de Proceso.

Este diagrama, se utilizará como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos de un componente, además este procedimiento de diagramación registrará todas las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras, almacenamientos temporales que ocurran durante el proceso de fabricación de las diferentes partes de la desgranadora de maíz.

GUSANO EXTRACTOR (1,6,8,9,11)	GUSANO PRINCIPAL (1,4,5,7,9,10)	ASPIRADOR (1,2,9)	TOLVA CARGA DESCARGA (1,9)	ESTRUCTURA PRINCIPAL (1,2,3,9,12,13,14,15)
----------------------------------	------------------------------------	----------------------	----------------------------------	---


















EVENTO	NUMERO	TIEMPO
OPERACIONES	39	48H
INSPECCION	6	

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO EN LA FABRICACION DE UNA DESGRANADORA DE MAIZ

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Objeto Del Diagrama: GUSANO EXTRACTOR Diagrama No.1 El Diagrama empieza en: Almacen M.P. El Diagrama termina en: Almacen P.P.

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	EN ALMACEN DE M.P. REQUISICION DE: ≠, ∅, ⌘
	CARGAR MATERIAL A CARRO TRANSPORTE ≠, ∅, ⌘
	TRANSPORTAR MATERIAL A ZONA HABILITACION ≠, ∅, ⌘
	HABILITAR SEGUN PLANO MATERIALES ≠, ∅, ⌘
	ESPERAR OPERACION DE HABILITADO
	TRANSPORTAR A DESBARBADOS MATERIALES HABILITADOS
	DESCARGAR Y DESBARBAR MATERIALES ≠, ∅, ⌘
	ESPERAR OPERACION DE DESBARBADO
	TRANSPORTAR DISCOS Y BARRAS A MAQUINADO ≠, ∅
	MAQUINADO DE DISCOS Y PUNTAS DE EJE
	ESPERAR OPERACION DE MAQUINADO
	TRANSPORTAR A SOLDADURA TUBO HABILITADO Y DESBARBADO
	INSPECCIONAR MATERIAL MAQUINADO
	TRANSPORTAR MATERIAL MAQUINADO A SOLDADURA
	DESCARGAR MATERIAL MAQUINADO Y SOLDAR DISCO

























SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	TRANSPORTAR DISCOS SOLDADOS A MAQUINA DE CONSTRUCCION DE GUSANO
	COLOCAR DISCOS EN TUBO, PRESENTAR EN MAQUINA Y REALIZAR ESTIRAMIENTO.
	INSPECCIONAR PASO DE GUSANO
	SOLDAR DISCOS ESTIRADOS A TUBO
	ESPERAR SOLDAR TODO EL GUSANO
	INSPECCION DE SOLDADO GUSANO Y ALINEAMIENTO
	COLOCAR SEGUN DISENO PUNTAS DE EJE EN GUSANO Y SOLDAR
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA
	TRANSPORTAR MONTAJE DE DESGRANADORA GUSANO EXTRACTOR
	ALMACENAR EN ZONA DE MONTAJE










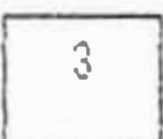







DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Objeto Del Diagrama: GUSANO PRINCIPAL
Diagrama No.2

El Diagrama empieza en: Almacen con la materia prima.

El Diagrama termina en: Almacen P.P.

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	EN ALMACEN DE M.P. REQUISICION $\neq, [, \phi, +$
	CARGAR MATERIAL A CARRO TRANSPORTE $\neq, [, \phi, +$
	TRANSPORTAR MATERIAL A ZONA HABILITACION $\neq, [, \phi, +$
	HABILITACION SEGUN PLANO MATERIALES $\neq, [, \phi, +$
	ESPERAR HABILITACION MATERIALES
	TRANSPORTAR A DESBARBADO MATERIALES HABILITADOS
	DESCARGAR Y DESBARBAR MATERIALES
	ESPERAR OPERACION DE DESBARBADO
	TRANSPORTAR DISCOS, BARRAS Y PLATINAS A MAQUINADO
	MAQUINAR DISCOS Y BARRAS EN TORNO
	ESPERAR MAQUINADO DE DISCOS Y BARRAS
	TRANSPORTAR SOLDADURA PERFILES
	SOLDAR PERFILES SEGUN PLANO
	ESPERAR OPERACION SOLDADURA

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	INSPECCIONAR MATERIAL MAQUINADO, DISCOS Y BARRAS
	TRANSPORTAR PERFIL SOLDADO A MAQUINADO
	TRAZADO Y TALADRADO DE POSICION DE PLATINAS EN PERFIL
	ESPERAR OPERACIONES TALADRADO
	INSPECCION DE MATERIAL MAQUINADO
	TRANSPORTAR TODO MATERIAL A SOLDADURA
	DESCARGAR MATERIAL MAQUINA Y SOLDADURA DE DISCOS
	ESPERAR TRANSPORTE Y MATERIAL DE SOLDADURA
	COLOCAR DISCOS EN PERFIL Y PRESENTARAN MAQ. DE ESTIRAMIENTO
	INSPECCIONAR PASO GUSANO Y POSICION SALIENTES
	SOLDAR GUSANO Y SALIENTES
	ESPERAR OPERACIONES DE SOLDADURA
	INSPECCION DE GUSANO SOLDADO Y SALIENTES
	COLOCAR SEGUN DISENO PUNTAS DE EJE EN GUSANO
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA
	TRANSPORTAR MONMTAJE GUSANO PRINCIPAL.
	ALMACEN MONTAJE







SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	INSPECCION DE EJE MAQUINADO
	TRANSPORTAR EJE A ZONA SOLDADURA
	SOLDAR ASPIRADOR SEGUN PLANO
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA
	TRANSPORTAR A MONTAJE PIEZAS SOLDADAS
	ALMACEN EN ZONA DE MONTAJE











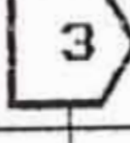


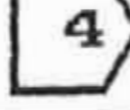
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Objeto Del Diagrama: TOLVA

Diagrama No.4

El Diagrama empieza en: Almacen M.P.

El Diagrama termina en: Almacen P.T.

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	EN ALMACEN DE M.P. REQUISICION DE: ≠
	CARGAR MATERIAL A CARRO TRANSPORTE
	TRANSPORTAR MATERIAL A ZONA DE HABILITACION
	DESCARGAR Y HABILITAR MATERIAL SEGUN PLANOS
	ESPERAR OPERACION DE HABILITACION
	TRANSPORTAR MATERIAL HABILITADO A ZONA DE DESBARBADO
	DESCARGAR MATERIAL Y DESBARBAR
	ESPERAR A OPERACION DE DESBARBADO
	TRANSPORTAR MATERIAL DESBARBADO O PLEGADIZA
	PEGAR MATERIAL SEGUN PLANO
	ESPERAR OPERACION DE PLEGADO
	TRANSPORTAR MATERIAL PLEGADO A SOLDADURA
	SOLDAR SEGUN DISENO TOLVA CARGA
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA



















SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	SOLDAR SEGUN DISENO TOLVA DESCARGA
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA
	TRANSPORTAR A ZONA MONTAJE TOLVA CARGA Y DESCARGA
	ALMACEN EN ZONA DE MONTAJE







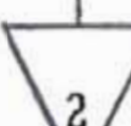
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

Objeto Del Diagrama: **ESTRUC. PRINCIPAL**
 Diagrama No.5

El Diagrama empieza en: **Almacen M.P.**

El Diagrama termina en: **Almacen P.T.**

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	REQUISICION DE MATERIAL EN ALMACEN ≠
	TRANSPORTAR MATERIAL A ZONA DE HABILITACION
	DESCARGAR Y HABILITAR SEGUN PLANO
	ESPERAR OPERACION DE HABILITACION
	TRANSPORTAR MATERIAL HABILITADO O DESBARBADO
	DESCARGAR Y DESBARBAR
	ESPERAR OPERACION DE DESBARBADO
	TRANSPORTAR MATERIAL DESBARBADO O CONFORMIDA
	CONFORMA SEGUN PLANO
	ESPERAR OPERACION DE CONFORMACION
	TRANSPORTAR MATERIAL CONFORMADO O SOLDADURA
	SOLDAR LATERALES
	ESPERAR OPERACION DE SOLDADURA
	TRANSPORTAR MAQUINADO LATERALES

SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	TALADRAR AGUJEROS DE SOPORTES CHUMACERAS
	ESPERAR OPERACION DE MAQUINADO
	TRANSPORTAR A SOLDADURA LATERALES
	SOLDAR TODA LA ESTRUCTURA
	ESPERAR OPERACION SOLDADURA
	TRANSPORTAR A MONTAJE ESTRUCTURA PRINCIPAL
	ALMACEN EN ZONA DE MONTAJE

4.3 Especificaciones de equipos y máquinas necesarias.

Se procederá a explicar las aplicaciones de la materia prima que se empleará para la construcción de la máquina desgranadora de maíz, las cuales son:

- a. Plancha de Acero.
 - b. Plancha perforada.
 - c. Perfil U.
 - d. Barra redonda.
 - e. Soldadura.
 - f. Chumaceras.
 - e. Pernos.
 - h. Pinturas y Disolventes.
 - i. Materiales Auxiliares.
-
- a. La plancha de acero a utilizar es acero al carbono cuya forma comercial es plancha LAC (plancha laminado en caliente), según norma DIN N° 1622 su composición química es M-20 ó T-12. su resistencia a la tracción es de 50 kg/mm², su soldabilidad es "S" que significa generalmente soldable. Dicha

plancha es bastante comercial y se encuentra fácilmente, sus dimensiones son de 4 x 8 pies de diferentes espesores.

- b. La plancha de acero perforada es de acero al carbono, su designación según norma DIN N° 1622 cuya composición química es M-7 ó T-6, su forma comercial es plancha LAC (plancha laminado en caliente). Su calidad de prensado; cuya resistencia a la tracción es de 38 kg/mm², y tiene una soldabilidad "G" que significa soldabilidad garantizada. En el mercado nacional existen planchas perforadas de diversos diámetros.

- c. El perfil U, es fabricado de plancha laminada en caliente, habilitada en guillotina y posteriormente plegada de acuerdo a medida. Su comercialización está normalizada por sus dimensiones que se dan en pulgadas y el largo de dicho perfil que se puede adquirir de acuerdo a la necesidad. En el mercado hay perfiles U de diferentes espesores.

- d. La barra redonda es de acero al carbono, su calidad según norma SAE-1020, es del tipo perfilado. se comercializa de diversos diámetros y su longitud es de 6 m generalmente. Su resistencia a la tracción es de 44 kg/mm^2 , su límite de elasticidad es de 20 kg/mm^2 . Su soldabilidad es "S" que significa generalmente soldable. Con la barra redonda se obtiene los ejes que se requiere para la máquina.
- e. La soldadura a emplear tiene como norma AWS E-6011 cuyas características: electrodo de penetración profunda y uniforme, su arco potente es muy estable además produce depósitos de buena calidad. Su resistencia de tracción es de $45,7 - 54,1 \text{ kg/mm}^2$ y su límite elástico de $38,6 - 45,7 \text{ kg/mm}^2$
- f. La Chumacera, es una pieza de metal, con un hueco en que descansa y gira los ejes de la máquina a realizar. No hay fabricación Nacional por lo que es necesario importarla, los hay de diferentes marcas. Se utilizará en la versión de pared con

rodajes marcas y con pista auto-alineante que es lo ideal para máquinas sujetas a impacto como es la desgranadora a construir. Se recomienda la marca "KOYO" (Industria Japonesa) debido a su calidad y también porque se encuentra en el mercado. Su designación es UCF. Se pueden encontrar de diversos números, para la máquina se debe emplear las chumaceras UCF-208 y UCF-205, ya que depende de los ejes donde van a estar.

- g. Los pernos a emplear son de acero A307 y su norma del tipo de rosca del perno es NC (Nacional Corriente), ya que son los más recomendables por las características de la máquina a construir. Los pernos se emplearán en el armado de la parte estructural de la máquina, se le utilizará para las uniones de las partes y todas las piezas que deben ser fijadas, además para la fijación de la tolva, el ventilador, las chumaceras y todas las zonas embridadas. Los pernos en su mayoría estarán con su respectiva tuerca, contando además con su

huacha plana y de presión según sea el caso. El empleo de los pernos facilita que la máquina se pueda desmontar en su totalidad y pueda realizarse un mantenimiento o cambio de cualquier parte adecuadamente.

- h. La pintura a emplear debe ser de esmalte, ya que es una pintura que al secarse está más dura, más tersa y más brillante en relación con la pintura normal, luego debido a las condiciones que va a trabajar la máquina es lo más recomendable. La pintura requiere un adelgazador volátil para reducir su consistencia a un nivel adecuado para su aplicación es por ello que se emplea un disolvente líquido y el más recomendable es el thinner. Encontrar dichos insumos de acabado se encuentran en el mercado fácilmente.

- i. Los materiales auxiliares para la fabricación de la máquina son:

La masilla plástica que se emplea para

las zonas disperejas como abolladuras o huecos dejados en el armado. Hay diferentes marcas y es fácil adquirirlo.

Las lijas de uso manual de diferentes numeros, que se utilizan para el desgaste de las zonas masilladas, también para dar un mejor acabado a las zonas en que los cordones de soldadura son visibles, y en los lugares que se requiera del lijado.

La piedra que utiliza el esmeril tanto manual como el de pedestal, para hacer el desgaste donde sea requerido, ya que se tienen que renovar de acuerdo al uso. Se encuentra en el mercado y los hay de diferentes diámetros, para su adquisición depende qué clase de esmeril utiliza.

Los recipientes a emplear para diversas tareas, como traer agua, llevar determinados materiales,

recoger los desperdicios, etc.

El waipe, que se emplea para limpiar las partes de la máquina según se encuentre fabricándose. Se adquiere fácilmente y su venta es por kilos.

Algunos otros materiales auxiliares que el fabricante considera adecuado emplear, aparte de ya indicados.

4.4 Características de las Máquinas y Herramientas Necesarias.

Para la fabricación de la Máquina Desgranadora de Maíz, se debe contar con las siguientes máquinas y herramientas necesarias mínimas.

- a. Torno Paralelo.
- b. Taladro Fresador.
- c. Soldadura Eléctrica.
- d. Sierra de Arco Hidráulico.
- e. Esmeril de Mano.
- f. Esmeril tipo pedestal.
- g. Amoladora Angular.
- h. Taladro Manual.

1. Roladora.

j Plegadora.

Sus características son:

a. Torno Paralelo

Modelo	PL-36-910
Volteo en la bancada	254 mm
Volteo sobre el carro	135 mm
Distancia entre puntas	910 mm
Ancho de la bancada	184 mm
Perforación del husillo	27 mm
Rango de velocidades	70-100 RPM
Motor	1 HP
Peso con motor	40 kg

b. Taladro Fresador

Modelo	VO-AIS
Dimensión de la mesa	760x180 mm
Velocidad de husillo	180 a 2870 RPM
Cono del husillo	Morse 3
Motor	1 HP
Peso neto	500 kg

c.	Soldadura eléctrica	
	Marca	Miller-400
	Rango de Amperaje	50-400 amp
d.	Sierra de Arco Hidráulico.	
	Modelo	PH-180
	Capacidad de corte	200 mm
	N ú m e r o d e carrera/minuto	60-80
	Recorrido de la carrera	130 mm
	Dimensiones de la hoja	18"x1"x1/16"
	Motor de 4 polos	½ HP
	Peso Neto	140 kg
e.	Esmeril de mano.	
	Para	Desvastes
	N° de piezas	2
	Potencia	1,8 HP
	Piedra	A-36
	Dimensiones de la piedra	10"x1½"x1½"

f. Esmeril tipo pedestal

Para	Afilado de herramientas
N° de piezas	2
Potencia	½ HP
Piedra	A-24
Dimensiones de la piedra	6"x3/4"x3/4"

g. Amoladora Angular

Marca	Black-Deker
Modelo	B-230 (9")
Tipo	Desvaste
Velocidad	8000 RPM
Peso del cabezal	3 kg
Largo	350 mm

h. Taladro Manual

Marca	Black-Deker
Modelo	DP-12
Tipo	Chuck Guard
Velocidad	80 RPM
Largo	200 mm
Capacidad	12 mm

i. Roladora Cilindradora

y curvadora, con precilindrado.

Modelo.	C1.CP
Espesor a curvar.	10 mm
Diámetro del rodillo superior.	120 mm
Diametro del rodillo inferior.	120 mm
Curvado inicial.	7 mm
Curvado final.	10 mm
Largo útil de rodillos.	1,30 m
Potencia del motor.	4,8 HP
Velocidad de curvado.	6 m/min

j. Plegadora

Modelo	VM-20
Capacidad	5 t
Largo útil de dobles	1,3 m
Garganta	200 mm
Curso de prensado	50 m
Regulador de prensado.	50 m
Número de golpes,/min.	20
Potencia del motor	3,6 HP

CAPITULO V

COSTOS DE FABRICACION

Para la evaluación económica del costo de fabricación de una sola máquina desgranadora de maíz, con una capacidad de 4 Ton/h. se tendrá en cuenta los costos directos e indirectos, incluyendo además los márgenes de utilidad adecuados para su respectivo costo total, considerando que el tiempo de fabricación será de 7 días útiles.

5.1 Costos directos.

Se considera como costo directo los siguientes rubros:

Materia Prima.

Mano de obra.

Alquiler de Equipos y Herramientas.

5.1.1 Materia Prima (Nacional e Importada).

Para la fabricación de la máquina, se requiere utilizar materiales que se encuentren en el mercado nacional, como vendrían a ser los siguientes: Plancha de acero, perfil laminado, acero en barras, electrodos para la soldadura, los pernos, las tuercas, los materiales para su acabado, como son la pintura, la masilla, los

solventes y los demás insumos necesarios.

Los materiales que se tienen que importar serían: Las chumaceras que se requieren, estas se encuentran en el mercado nacional en forma limitada.

5.1.2 Mano de Obra.

Se considera el siguiente personal necesario para la fabricación de la máquina desgranadora de maíz: Un tornero, un fresador, un mecánico de banco, un soldador, un pintor y dos ayudantes. A los cuales se le efectuará sus pagos de acuerdo a las horas trabajadas.

5.1.3 Alquiler de equipos y herramientas a utilizar.

Se considera el pago a efectuar por el alquiler de los Equipos y herramientas requeridos para la fabricación de la máquina, los cuales deberán estar debidamente instalados y operativos, por el lapso de 7 días útiles.

Tabla 3. CUADRO DE COSTOS DIRECTOS SEGUN EL 15/12/92

(en soles)

Item	Designación	Unid.	Cant.	C.Unit.	C.Total
	Materia Prima				
01	Plancha de Acero	Kg.	404.46	4.20	1698.73
02	Perf. Laminados	Kg.	48.84	5.00	244.20
03	Ac. en barras	Kg.	11.69	5.80	67.80
04	Chum. UCF-208		2.00	55.00	110.00
	Chum. UCF-205		2.00	38.00	76.00
05	Electrodos	Kg.	20.00	3.50	70.00
06	Oxígeno	m ³	7.00	12.00	84.00
	Gas Propano	lb.	24.00	1.50	36.00
07	Pernos, tuercas		150.00	0.25	37.50
08	Abrasivos, Lijas				40.00
09	Pintura, masilla	gal.	3.50		150.00
	Costo total de materia Prima				S/. 2614.23
10	Mano de Obra				
	Tornero	HH	44.00	7.00	308.00
	Fresador	HH	44.00	7.00	308.00
	Mecánico de banco	HH	44.00	5.00	220.00
	Soldador	HH	44.00	7.00	308.00

Pintor	HH	32.00	6.50	208.00
Auxiliares(2)	HH	88.00	3.50	308.00

Costo total de mano de obra s/. 1660.00

11 Alquiler de Equipos y Herramientas 450.00

Costo total de los Costos Directos s/. 4724.23

A continuación una breve explicación de los ítem de los costos directos.

Item 01. Plancha de acero:

Incluye todo lo referente a la plancha laminada en caliente (LAC) de los diferentes espesores con los que se construye la máquina. Para su costo se considera el peso total del número de planchas a utilizar, esto es el número de m² de los diferentes tipos de plancha al carbono.

Tipo de Plancha	Cant.(m2)	Peso(Kg/m ²)	P.Total(Kg)
1/8" espesor	11,48	24,92	268,08
3/16" espesor	0,50	37,38	18,69
3/16" esp. perf.	1,00	99,69	99,69
			404.46

Considerando que en el mercado nacional, el precio del Kg. de fierro dulce es de S/.4,20 el valor total será de S/. 1698.73

Item 02. Perfiles Laminados:

Se empleará los perfiles cuyas medidas son de: 2" x 4" x 2" x 1/4". Las piezas a utilizar suman un total de 4,8 m. Para cálculos de costos se considera el peso de las piezas que intervienen.

Cantidad	Equi.en m ²	Equi. en Kg.
4,8 m. de perfil en U de 2"x4"x2"x1/4"	0,96	48,84

El precio en el mercado por un Kg. de perfil laminado es de S/. 5,00 luego el costo en perfiles laminados es de S/.244,20.

Item 03. Acero Carbono en barras:

Se considera la cantidad en Kg. de cada barra a usar en la máquina

Descripción	Cantidad en m	Equi. en Kg.
Barra de 1 1/2"	0,80	6,53
Platino de 1 1/2"x5/16"	2,50	5,16
Cantidad total de Acero al carbono		11,69

El costo de cada Kg. en el mercado es de S/. 5,80 luego el costo total en acero carbono en barras es de S/. 67,80.

Item 04. Chumaceras:

Son los únicos insumos importados, en la fabricación de la máquina. Se empleará el tipo pared con rodajes, marca "KOYO". Se necesita 2 de UCF - 208 cuyo costo unitario es de S/. 55,00 y 2 de UCF - 205 cuyo costo unitario es de S/. 38,00.

Item 05. Electrodo de Soldadura:

Se empleará la soldadura marca "OERLIKON", la cual se vende en lata que contiene un promedio de 780 varillas de 0,30 m. aproximadamente de largo y de 1/8" de diámetro. Dicha lata tiene un peso de 20 Kg. cuyo costo por Kg. es de S/. 3,50 y se requiere de 20 Kg., luego el costo total será de S/. 70,00.

Item 06. Oxígeno y gas propano:

El oxígeno se obtiene en el mercado en m³ a granel, cuyo precio es de S/. 12,00 por m³, se utilizará 7 m³, luego el costo será de S/.84,00.

El gas propano se utiliza sólo en la mezcla para el encendido, es por ello que su consumo es mínimo en proporción al oxígeno. En el mercado su venta solamente es por balón de 24 lb. cuyo costo es de S/. 36,00.

Item 07. Pernos, tuercas y huachas:

El modo de la compra de estos insumos es por cientos o a granel, los cuales se encuentran normalizados; se utilizará el NC (Nacional Corriente), cuyo costo unitario es de S/. 0,25 empleándose en la máquina 150 unidades, luego su costo será de S/. 37,50.

Item 08. Abrasivos y lijas:

Las piedras que se emplean en los esmeriles de desvaste, los hay de diferentes medidas. Para el esmeril de mano, utiliza una piedra A-35 cuyo costo es de S/. 12,90 y para el esmeril tipo pedal la piedra A-24 cuyo costo es de S/. 16,00.

Además se utilizará lijas de uso manual, necesitándose 6 piezas de lijas gruesas cuyo costo es de S/. 6,60 y 6 piezas de lijas livianas cuyo costo es de S/. 4,50, con lo cual el costo total del item es de S/. 40,00.

Item 09. Pinturas, Solventes y masilla:

Estos insumos se utilizan en el acabado de la máquina, se obtienen en el mercados por galones. El solvente que se empleará es el thinner acrílico. En el mercado se encuentran los siguientes precios según el 15/12/92 (en soles):

	Cantidad	Precio
Pintura Anticorrosiva	1/2 gl.	17,50
Pintura Esmalte	1/2 gl.	22,50
Masilla prastica	1/2 gl.	17,50
Thiner Acrílico	1 gl.	32,50
Acondicionador de metales	1 gl.	47,50
Waipe	1 Kg.	12,50

Luego, el costo total de estos insumos es de S/. 150,00

Item 10. Mano de Obra:

El personal encargado para desarrollar la construcción de la máquina, deberá ser técnicos

altamente calificados y de gran experiencia en construcción de máquinas similares, el cual será contratado y sus pagos serán los siguientes:

Un tornero S/. 7,00 por hora.
 Un fresador S/. 7,00 por hora.
 Un mecánico de banco . S/. 5,00 por hora.
 Un soldador S/. 7,00 por hora.
 Un pintor S/. 6,50 por hora.
 Un auxiliar S/. 3,50 por hora.
 Un auxiliar S/. 3,50 por hora.

Teniendo en cuenta que el trabajo se hará en 7 días útiles, se requiere de 44 horas trabajadas, salvo el pintor que utilizará de 32 horas, siendo el costo por mano de obra de S/. 1660,00.

Item 11. Alquiler de equipos y Herramientas:

Los Equipos que se alquilarán, deberán estar operativos y en un estado de conservación regular, para que puedan ser maniobrados sin ninguna dificultad por el personal a trabajar. Son los siguientes: Un torno paralelo, un taladro fresador, una máquina de soldar eléctrica, una sierra de arco hidráulico, un esmeril de mano, un esmeril tipo pedestal, una

amoladora angular, un taladro manual, una roladora, una plegadora y además todas las herramientas requeridas para trabajar en la construcción de la máquina. El lapso de tiempo del alquiler es de 7 días útiles y su costo es de S/. 450,00.

Finalmente, el costo directo necesario para la construcción de la máquina desgranadora de maíz; que incluye la materia prima, la mano de obra y el alquiler de los equipos es de S/. 4724,23.

5.2 Costos indirectos.

Son aquéllos que no intervienen directamente en la fabricación de la máquina y son los siguientes:

Costos de Producción.

Costos Administrativos.

Costos Financieros.

5.2.1 Costos de Producción.

Comprende el alquiler de un local industrial apropiado, la reposición de herramientas a usar, el transporte para

movilizar los insumos necesarios, el consumo de la energía eléctrica y del agua, la limpieza del local a utilizar.

5.2.2 Costos Administrativos.

Vienen hacer las remuneraciones y los costos de oficina. Además se requiere de un supervisor de planta, un almacenero, un vigilante, una secretaria, los cuales tendrán una retribución económica.

Los costos de oficina contienen el alquiler de local para ventas, el pago del consumo del teléfono, la luz, el agua, y el mantenimiento de la oficina, la compra de artículos de oficina mínimos, la asignación por movilidad para los vendedores y las comisiones de venta de cada máquina.

5.2.3 Costos Financieros.

Para la construcción de la máquina desgranadora de maíz requerida, inicialmente se debe contar con un capital efectivo. El cual en su mayoría de veces no se tiene por lo que es necesario

financiarlo. Esto es conseguir un préstamo de dinero en efectivo, para cancelarlo con un interés y en un tiempo acordado con la entidad prestamista.

Tabla 3. CUADRO DE COSTOS INDIRECTOS CON FECHA 15/12/92

(en soles)

Item	Designación	Costo Parcial
	Costos de Producción	
01	Local Industrial (alquiler)	550,00
02	Reposición de herramientas	70,00
03	Transporte de insumos	100,00
04	Energía ELéctrica y Agua	60,00
05	Limpieza del local	40,00
	Costos de Producción total	S/. 820,00
	Costos Administrativos	
06	Remuneraciones	
	Supervisor de Planta	500,00
	Almacenero	160,00
	Vigilante	180,00
	Secretaria de oficina	90,00
07	Costos de Oficina	
	Alquiler de oficina	250,00
	Luz, Tef, agua y mant. de of.	150,00
	Artículos de oficina	50,00
	Movilidad para vendedores	60,00
	Comisión de venta	170,00

Costos Administrativos totales S/. 1610,00

08 Costos Financieros.

Interés de Préstamo 450,00

COSTO TOTAL DE LOS COSTOS INDIRECTOS S/.2880,00

A continuación una breve explicación de los
item de los costos indirectos.

Item 01. Local Industrial:

Se alquilará un local en el cual se pueda acondicionar todos los equipos y herramientas a utilizar, y que además disponga de un ambiente para el almacén donde se ubicarán los insumos a utilizar para la fabricación de la máquina. El local deberá tener alimentación eléctrica trifásica y tener una puerta de acceso grande debidamente asegurada.

El costo del alquiler por el lapso de un mes es de S/. 550,00.

Item 02. Reposición de herramientas:

Debido a que se alquilará los equipos y

herramientas para la fabricación de la máquina, siempre se desgasta o en su defecto se pierde alguna herramienta por lo cual se estima un pago de S/. 70,00 por dichos causales.

Item 03. Transporte de Insumos:

Como la mayoría de insumos son nacionales, se gasta en la movilidad para llevarlo al local industrial desde el mercado donde se encuentra, además se considera el transporte de la máquina desgranadora de maíz a la oficina de venta, lo cual se estima en S/. 100,00.

Item 04. Energía Eléctrica y Agua:

La energía eléctrica a emplear es trifásica, teniendo en cuenta que la mayoría de equipos son eléctricos y su operación va hacer por horas y el alumbrado será de 15 días como máximo, se estima un consumo equivalente a S/. 60,00, incluyendo el consumo del agua que es mínimo.

Item 05. Limpieza del Local:

Se contratará a un personal que se encargue de dejar el local completamente limpio y de botar todos los desperdicios dejados en la fabricación

de la máquina, por lo cual se pagará la suma de S/. 40,00.

Item 06. Remuneraciones:

El Supervisor de Planta deberá ser un Ingeniero Mecánico con amplio conocimiento y una gran experiencia en la fabricación de máquinas similares a la desgranadora de maíz. El cual se encargará de controlar al personal contratado para que realicen su labor de acuerdo a los planos y criterios técnicos adecuados. También realizará las pruebas de tal manera que la máquina quede operativa. Su sueldo será de S/. 500,00 por 15 días.

El Almacenero será la persona encargada de distribuir los insumos al personal, así también como las herramientas de trabajo requerido y llevará un control de todo lo que se utilice. Su sueldo será de S/. 160,00 por 15 días.

El vigilante tendrá a cargo la seguridad del local industrial y también de los equipos y herramientas alquilados además de los insumos a emplear, de día y noche,

durante el lapso de 15 días. Su sueldo sera de S/. 180,00.

La secretaria, su trabajo será en oficina; su sueldo será de S/. 90,00 por 15 días.

Item 07. Costos de oficina:

El alquiler de una oficina que tenga teléfono y ambientes adecuados en una zona regular, esta en S/. 250,00 por mes.

El pago del consumo por el teléfono, el agua, la luz y el mantenimiento de la oficina, estan en S/. 150,00 por mes.

Los artículos necesarios a utilizar en la oficina se calcula en S/. 50,00 inicialmente.

La asignación de pasajes a los vendedores, será de S/. 2,00 diarios por el lapso de 15 días como se tendrá 2 vendedores, el gasto será de S/. 60,00.

Se pagará una comisión del 2% del precio de venta de cada máquina, el cual se estima que es de S/ 170,00.

Item 08. Costos Financieros:

Después de haber realizado un cuadro de costos

directos necesarios para la fabricación de la máquina desgranadora de maíz y de tener los costos indirectos, se llega a la conclusión que se requiere de un capital inicial de S/. 7500,00 en efectivo que cubre la totalidad de costos a realizar. Dicho monto se puede conseguir, pagando un interés del 6% mensual que sería S/. 450,00; los cuales se pagarían tranquilamente vendiendo la máquina sin afectar la utilidad a obtener.

Finalmente, el costo indirecto total, necesario para la construcción de la máquina, que involucra los costos de producción, los costos administrativos y los costos financieros es de S/. 2880,00.

5.3 Márgenes y precios de venta.

Para obtener el precio de venta, de la máquina desgranadora de maíz de 4 Tn/h. Se considerará el costo directo, el costo indirecto, y la utilidad correspondiente a la fabricación de la misma.

La utilidad a obtener por la fabricación de la

máquina, generalmente se toma de un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos.

Costo Directo	S/.	4724,23.
Costo Indirecto	S/.	2880,00.
	S/.	7604,23.

Se considerará un 15%, de esta suma como utilidad, para que de esta manera la máquina tenga un precio bastante aceptable, y por consiguiente su venta sea posible.

Utilidad	S/.	1140,63.
----------------	-----	----------

Finalmente el precio de venta será de:

Precio de venta	S/.	8744,86.
-----------------------	-----	----------

En dólares al cambio del día 15/12/92 será de:

US \$ 5332,23.

Dicho precio no incluye los impuestos correspondientes.

CONCLUSIONES

1. La solución diseñada permite la fabricación de una máquina desgranadora de maíz con una capacidad de 4 ton/h, determinando así una gran rentabilidad en su puesta en marcha.
2. Dentro de cualquier solución, para una necesidad industrial, se buscó en lo posible que se realizará con tecnología nacional, para que sea más viable llevarlo a la realidad, disminuyendo de esta manera la dependencia tecnológica.
3. El problema fundamental del diseño consistió en construir una máquina que respondiera a las necesidades planteadas lo mas enteramente posible y que diera resultados económicos satisfactorios además que tenga un buen rendimiento.

4. La corrosión de las máquinas que trabajan a cielo abierto es causa de deterioro frecuente, para lo cual todas las superficies metálicas expuestas fueron arenadas y **acabadas** con pintura anticorrosiva.

5. Al diseñar las máquinas se deben mantener la posibilidad de intervención de piezas estándar, facilidad de montaje, reduciendo la extensión de superficies de las piezas a mecanizar. En lo posible para economizar costos de fabricación.

BIBLIOGRAFIA

1. AISC. Manual of steel construction.
2. ALDRICH, Samuel. Maíz.
3. BERGER, Joseph. Maíz.
4. BRESLER, LIN, SACLAZI. Diseño de estructuras de acero.
5. DOBROVOLSKY, V.; ZABLONSKY, K.; MAK. Machine elements. Ed. Mir.
6. DUBBEL, H. Manual de constructor de máquinas de ingeniería.
7. FAO. Anuario de la FAO. 1991.
8. GILARDI, Jaime. Maquinaria agrícola.
9. HALL, ITALLONENKO, LAVENTIR. Diseño de máquinas. Ed. Mc Graw Hill.
10. HELMUT, Ernest. Aparato de elevación y transporte. 3 tomos. Ed. Blume.
11. HORI, J. Esfuerzos y deformaciones. UNI.
12. LASHERAS, J.M. Procedimientos de fabricación y control.
13. LINK, BELT. Manual del transporte de elevación y transporte.
14. MANRIQUE, Antonio. El maíz en el Perú.
15. ORLOV, P. Fundamentals of machine design. Ed. Mir.
16. ROARK, R.E. Fórmulas de esfuerzos y de deformaciones. Ed. Mc Graw Hill.
17. SHICLEY, J.E. El proyecto en ingeniería mecánica. Ed. Mc Graw Hill.
18. SIPA Ministerio de Agricultura. Proyecto de incremento de la producción de maíz. 1991.
19. SPOTTS. Proyectos de elementos de máquinas.