



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

“Estudio Técnico Económico para la
Recuperación de Gluma del Sorgo”

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a n

MIGUEL HERNANDEZ DE LA TORRE

JOSE LEOBARDO SOLIS MOLARES



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 esta 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.

..AD Tesis 1977
..SQ M-207
..SCHA 8
..PROC LO
..I



QUIMICA

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Prof. Enrique Rangel Treviño

VOCAL: Prof. Claudio A. Aguilar Martínez ...

SECRETARIO: Prof. Rubén Berra García y Coss

1er. SUPLENTE: Prof. Victor Perez Amador

2do. SUPLENTE: Prof. Eduardo Vergara Cabrera

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CERVECERIA CUAUHTEMOC S.A.
DIVISION MALTA Y ALIMENTOS

SUSTENTANTES:

Miguel Hernández de la Torre

José Leobardo Solís Morales

ASESOR DEL TEMA:

Ing. Claudio Aguilar Martínez

DEDICO ESTA TESIS A MIS PADRES:

BELEN Y MIGUEL

A QUIEN TODO LO DEBO.

A MIS HERMANOS:

CRISTINA Y DAVID, BELEN Y DAVID,
IRENE Y CARLOS, ALBERTO, JUAN JESUS.

A MI TIA JOSEFINA Y NANA HORTENSIA

A ENRIQUETA:

POR SU COMPRENSION Y CARIÑO.

A SU FAMILIA.

A MIS MAESTROS:

CON GRATITUD POR SU ENSEÑANZA.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

CONTENIDO

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO II

GENERALIDADES

- 1.- Características de la gluma del sorgo
- 2.- Clasificación de los sorgos
 - 2.1.- Grupos de sorgos
- 3.- Características del grano
- 4.- Composición química del grano
 - 4.1.- Análisis proximal del forraje y del grano
 - 4.2.- Almidón y azúcares
 - 4.3.- Proteínas

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROCESO

- 1.- Objetivo
- 2.- Recepción de sorgo en la planta
- 3.- Secuencia de operación en el proceso

CAPITULO IV

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

- 1.- Balance de materia en el area de recepción
- 2.- Capacidad de almacenamiento
- 3.- Balance de materia en el area de cribado
- 4.- Secado de sorgo
 - 4.1.- Importancia del secado
 - 4.2.- Factores a considerar
 - 4.3.- Daños causados al grano por sobrecalentamiento
 - 4.4.- Balance de materia y energía en el secador

CAPITULO V

DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO

- 1.- Silos
- 2.- Transportadores de gusano
- 3.- Elevadores de cangilones
- 4.- Cribas
- 5.- Secador
- 6.- Colectores
- 7.- Tolvas

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

- 1.- Activo fijo
- 2.- Costos de manufactura
- 3.- Ventas y utilidades

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad el sorgo se está utilizando como materia prima para diversos procesos industriales, como son: la obtención de "Fino Real" que se emplea como adjunto en la elaboración de cerveza, también como materia de formu-lación de alimentos para aves y ganado.

Los subproductos que se obtienen no se aprovechan de una manera adecuada debido a la falta de eficiencia en la fase primaria de preparación del grano, que es la separación de impurezas como la gluma, la cual representa del 3 al 5 por ciento del total del grano.

La separación de la gluma del sorgo es importante debido a que obtendremos una composición más homogénea en los materiales que se utilizarán para los diversos proce-sos y además se aprovechará para emplearla en proporción adecuada de algún alimento pecuario.

Esto nos ha motivado a realizar el presente estudio con el cual pretendemos mejorar la calidad de los produc-tos terminados, así como dar un uso adecuado a los subpro-ductos y a la vez colaborar en la protección del ambiente, obteniéndose beneficios económicos para la industria y de salud para la comunidad.

C A P I T U L O I I

GENERALIDADES

- 1.- Características de la gluma del sorgo
- 2.- Clasificación de los sorgos
 - 2.1.- Grupos de sorgos
- 3.- Características del grano
- 4.- Composición química del grano
 - 4.1.- Análisis proximal del forraje y del grano
 - 4.2.- Almidón y azúcares
 - 4.3.- Proteínas

GENERALIDADES

1.- CARACTERISTICAS DE LA GLUMA DEL SORGO.

La gluma es el material envolvente del grano, las diversas variedades suelen tener glumas de color negro, negro rojizo, castaño rojizo, blanco o amarillo claro. Según los casos, el color se mantiene firme o comienza a palidecer en el período de maduración. La forma de las glumas pueden ser elípticas, ovaladas u ovoides, los extremos agudos, obtusos, romos o redondeados, algunos tipos son gibosos, es decir, con abultamientos cerca del centro; otros tienen una estría transversal. La longitud de las glumas en la mayoría de los tipos oscila dentro de la mitad del largo de la semilla hasta algo más del total. La textura puede ser dura o coriácea según el tipo de sorgo.

El sorgo es el quinto cultivo del mundo después del trigo, arroz, maíz y cebada. Se cultiva en todos los continentes en regiones donde la temperatura media en verano excede los 20°C y la estación invernal es de 125 días o más. Su rendimiento medio es de casi 1.09 toneladas por hectárea. México es uno de los países de más alto rendimiento en cosechas de sorgo.

Las causas principales del rendimiento actual en este país son las prácticas perfeccionadas de cultivo, junto con la obtención de híbridos mejorados lo que implica un control más eficaz de los insectos, enfermedades y malezas.

Aunque éste cereal se utilizaba en México durante los primeros años de la colonización, el grano de sorgo no al canzó mucha importancia en éste país, hasta el siglo actual en que se introdujeron otras variedades traídas de - Estados Unidos de Norte américa.

2.- CLASIFICACION DE LOS SORGOS.

Existen varias clasificaciones para los sorgos entre ellas la de Snowden que parece ser la más completa desde el punto de vista genético. Sin embargo, todas las clasificaciones presentan muchos problemas ya que numerosas va riedades de sorgos incluyen combinaciones de caracteres - de dos o más de las subseries, grupos o especies señalados y de tal modo corresponden a categorías intermedias o mis celaneas. Los grupos y variedades incluidas en una subserie pueden diferir ampliamente en composición genética u o rigen geográfico.

La colección mundial de reservas genéticas de sorgo se podría clasificar mejor en base a caracteres genéticos útiles, tales como: 1) PLANTA: altura, coloración, madura ción y fotosensibilidad; 2) TALLO: jugosidad, dulzura o - cantidad de azúcar, fortaleza, capacidad de producir maco llos y tendencia a la ramificación; 3) PANOJA: tamaño, -- densidad, tendencia al encorvamiento; 4) SEMILLA: color, - tamaño, textura, tendencia a caer, facilidad de trilla; - 5) RESISTENCIA: a enfermedades e insectos específicos, -- pájaros, calor, frío y vuelco.

2.1 .- GRUPOS DE SORGOS.

A medida que los sorgos se fueron transformando en plantas cultivadas, estas se seleccionaron continuamente por el valor que ofrecen para los distintos aspectos de su utilización. En los sorgos graníferos se busco la cantidad y calidad de sus granos; en los sorgos dulces un óptimo contenido de azúcar en los tallos y una máxima conveniencia como forraje. Los sorgos de escoba fueron seleccionados por el largo de sus ramificaciones en la panoja y la calidad de estas partes (paja) para fabricar escobas y cepillos. Los sorgos herbáceos fueron cultivados para forraje. De tal modo, estas plantas se agruparon agrónomicamente en diversas categorías, sobre la base de sus principales productos y usos, así como por las características distintivas.

En particular enfocaremos nuestra atención a los sorgos graníferos que nos interesan por las siguientes características: tienen granos relativamente grandes, que se separan de las glumas con más facilidad a diferencia de los de escoba, los forrajeros y las diversas variedades de los azucarados.

En general los granos son blancos, amarillos, rojos o rosa salmón, pero las variedades con semillas de color castaño predominan entre los tipos Kaoliangs. Las semillas castañas tienen pericarpio y testa colorados; por ello son más amargos, debido a los pigmentos de tanino y similares a éste.

4.- COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO.

Según las variedades, el grano presenta diferencias de cantidad, color, tamaño y composición química. Durante el crecimiento de la planta, se producen cambios en su composición, que son importantes para decidir las fechas de cosecha. Al compararlos con otros cultivos graníferos o forrajeros los sorgos poseen componentes característicos que ofrecen ventajas o demandan consideración especial durante su empleo. Por lo tanto, para seleccionar materiales de óptimo uso específico como alimento humano, pienso o fibra es esencial evaluar la composición según las variedades e híbridos, de acuerdo con las condiciones de cultivo y momento de cosecha.

4.1 .- ANALISIS PROXIMAL DEL FORRAJE Y DEL GRANO.

Este análisis de los materiales vegetales consiste en determinar las principales clases de componentes químicos: proteína cruda, grasa cruda, fibra, ceniza, extracto no nitrogenado y además el contenido de humedad. En muchas sustancias alimenticias incluso el sorgo, la proteína se calcula por aproximación multiplicando el análisis de nitrógeno de Kjeldahl por el factor de 6.25. La grasa cruda se mide como éter dietílico o material extractable por éter de petróleo. La fibra cruda se readhiere a la materia orgánica combustible no soluble en soluciones diluidas de ácido sulfúrico en caliente o hidróxido de so-

dio. La ceniza se determina por incineración de muestras. La fracción no proteica (extracto no nitrogenado) es -- la suma entre los constituyentes antes nombrados menos el peso de la muestra seca original.

La composición de los sorgos forrajeros híbridos favorece su uso como pastura, ensilaje y componentes de otros alimentos para rumiantes en muchas zonas, donde proporcionan mejores rendimientos que el maíz. Las composiciones del forraje del maíz y del sorgo son bastante similares aunque el mayor porcentaje de grano en el maíz brinda niveles ligeramente más elevados de proteína cruda y menor contenido de fibra cruda que el sorgo (Cuadro 2.1).

Por lo general cuanto más grano rindan las variedades de sorgo, la planta contendrá más almidón, lípido y proteína así como menor fibra.

Otro factor que influye mucho en la composición del forraje de sorgo es la cantidad relativa de hojas y tallo en la planta, dado que aquellas tienen más proteína y grasa cruda que el tallo. El cuadro 2.2 proporciona una comparación de los componentes de las partes de la planta en una variedad forrajera.

El grano de sorgo tiene bajo contenido de fibra y ceniza, su nivel proteico es un poco más elevado que el maíz o el arroz. El contenido de aceite es menor que el maíz o avena pero más alto que en el arroz, trigo o cebada. El contenido de cenizas del sorgo es inferior al de los cereales que tienen glumas fijas. Entre los cereales más comunes luego del maíz, es el que tiene mayor canti--

CUADRO 2.1

Análisis químico del forraje de sorgo y maíz.

Forraje	Materia seca	Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra cruda	Ceniza	Fracción no proteica
	%	%	%	%		%
Maíz	36.1	8.4	3.52	26.4	5.61	56.1
Sorgo (Atlas)	24.6	7.3	2.9	23.6	9.72	56.4

Tomado de: Producción y Usos del Sorgo. Wall & Ross. Pag 70

CUADRO 2.2

Análisis químico de sorgos forrajeros

Material forrajero	Planta	Proteína	Extracto de éter	Fibra cruda	Ceniza	PNP'
	%	%	%	%	%	%
Planta	100	5.7	1.9	23.6	4.7	64.1
Hojas	21.2	7.7	3.1	29.9	8.2	51.1
Tallos	55.1	3.0	0.8	26.1	3.9	66.2
Panojas	23.7	10.0	3.5	12.2	3.4	70.9

Fracción no proteica

Tomado de: Factores que influyen en el valor nutritivo del forraje. Stallcup. Boletín 684.

dad de energía total.

Con el desarrollo de variedades e híbridos mejorados de sorgo granífero, con el riego y la fertilización, el grano ha aumentado de tamaño y mejorado su contenido amiláceo, y se ha reducido el contenido proteico. En el cuadro 2.3 se muestran los análisis de ciertos híbridos y variedades cultivadas en diferentes lugares. Estos datos se expresan sobre una base del 14 % de humedad. El extracto de éter no mostró grandes diferencias entre los híbridos o las variedades, oscilando entre 3.1 y 4.5 %. El contenido de fibra cruda permaneció bastante constante. La ceniza oscilo entre 1.39 y 3.42 %; la proteína varió considerablemente entre 7.6 y 10.4 .

La diversidad en la composición del grano puede derivarse de diferencias en sus distintas partes: Endosperma córneo (afrecho) y endosperma harinoso (germen). Se han separado manualmente las partes de los granos de tres variedades de sorgo: Kafir, Milo enano y Feterita; se determinaron sus cantidades y componentes. Según la variedad el germen constituyó entre el 7 y 11 por ciento del grano y el afrecho entre el 6 y 7 por ciento. Se observaron diferencias considerables en los niveles de endosperma córneo que oscilaron entre 49 y 61 por ciento.

En el cuadro 2.4 se muestra la composición química del grano entero y sus partes en el sorgo Milo enano.

CUADRO 2.3

Análisis proximal y mineral de granos
de sorgo seleccionados

Muestra	Proteína %	Extracto de éter %	Fibra cruda %	Ceniza %	Calcio mg %	Fosforo mg %
Híbridos	8.5	4.4	2.7	3.42	16.45	595
	7.6	3.7	2.6	2.97	19.23	542
	10.4	3.2	2.0	1.39	22.31	238
Variedades						
Kafir	8.1	3.5	2.9	2.77	13.48	536
Caprock	10.0	3.4	3.0	3.07	21.19	512
Westland	9.0	3.3	2.6	3.73	45.53	1.097
Norghum	9.0	3.9	2.8	2.43	17.18	479
Martin	8.5	3.1	2.1	2.09	14.59	373
Hegari	8.2	3.5	2.5	2.33	17.12	416

Tomado de: Producción y Usos del Sorgo. Wall & Ross Pag. 71

CUADRO 2.4

Composición química del grano entero
y sus partes en el sorgo milo enano.
(sin humedad)

Parte del grano	Grano %	Ceniza %	Extracto de éter %	Pro- teína %	FNP' %	Almidón %
Grano entero	100	1.89	3.47	13.99	78.72	68.52
Afrecho	5.5	3.07	4.33	7.08	70.16	1.60
Endosperma córneo	54.7	0.56	0.15	15.11	83.49	72.24
Endosp. amiláceo	28.7	0.71	0.28	8.91	89.29	82.5
Gérmen	11.1	9.46	19.92	20.84	20.67	1.53

Fracción no proteica.

Tomado de: Boletín No. 1129. Dpto. Agricultura U.S.A. (1922)

CUADRO 2.5

Hidratos de carbono en los sorgos graníferos.

Variedad	Gramos por cada 100g de grano. Base Seca				
	Almidón	Azúcar	Fructuosa	Glucosa	Sacarosa
Kafir Combine	69.9	1.15	0.05	0.04	0.84
Kafir Ceroso	69.3	1.39	0.14	0.14	0.95
K. Ceroso Blanco	68.6	1.07	0.09	0.09	0.77
Petrita azúcar	56.7	2.96	0.38	0.31	1.97
Milo azucarado	31.5	2.68	0.05	0.22	2.2

Tomado de: Carbohidratos en grano de sorgo. Watson e Hirata.
(1960)

4.2 .- ALMIDON Y AZUCARES.

El sorgo, como todos los cereales es importante por el contenido energetico en forma de almidones. El contenido amilaceo de las harinas de grano de sorgo puede determinarse como azúcar reductor luego de efectuar la hidrólisis con enzimas y acidos. Utilizando éste método se puede comprobar que el almidón constituye entre el 68 y 73 por ciento del grano. El almidón comprende el 83 por ciento -- del endospermo, el 13.4 por ciento del gérmen y el 34.6 -- del afrecho obtenido por separación manual del grano. Los principales tipos de almidón que contiene el grano son la amilosa (del 23 al 28 %) y la amilopectina (72 al 77%.)

En el cuadro 2.5 se muestra el contenido de almidón y azúcar de algunas variedades.

Los azucares que provienen de las partes verdes de las plantas son los precursores del almidón depositado en el grano. El contenido de azúcar de los granos maduros -- oscila entre 0.9 y 2 por ciento en las variedades normales.

4.3 .- PROTEINAS.

El sorgo tiene muchas proteínas que presentan distintas propiedades físicas, actividades biológicas y valores nutritivos. Aunque generalmente las proteínas vegetales -- están compuestas sólo por veinte aminoácidos diferentes, -- esos aminoácidos se pueden enlazar en distintas proporcio

nes y secuencias para formar grandes cadenas proteicas. -

La forma, solubilidad, digestibilidad y valor nutritivo de las moléculas de proteína dependen de la composición y disposición de sus aminoácidos. Como muchos no pueden ser sintetizados por los seres humanos, el ganado no rumiante, ni las aves de corral, son constituyentes esenciales para mantener la vida. La creación de los analizadores automáticos de aminoácidos, para aplicarlos a los ácidos hidrolizados de las proteínas, contribuyó a una rápida ampliación de los conocimientos sobre las proteínas del grano de sorgo.

Utilizando métodos de extracción sucesiva con distintos solventes se ha logrado separar casi todas las proteínas del sorgo. Se han clasificado de la siguiente manera:

- 1.- Albúminas solubles en agua.
- 2.- Globulinas solubles en soluciones salinas.
- 3.- Prolaminas solubles en alcohol etílico.
- 4.- Glutelinas solubles en álcalis diluídos.

La mayor parte de las proteínas del sorgo no se extraen con soluciones acuosas o salinas.

En el cuadro 2.6 se muestra el fraccionamiento por solubilidad de la proteína del endospermo del sorgo granífero.

Albúminas y Globulinas.- Aunque en menor proporción, las fracciones de éstos aminoácidos de las proteínas del sorgo comprenden enzimas y otras sustancias biológicamente activas. Cada fracción de albúmina y globulina consiste en muchas proteínas diferentes, que se pueden separar-

CUADRO 2.6

Fraccionamiento por solubilidad de la proteína
del endospermo del sorgo granífero

Variedad	Contenido	Albúmina	Globulina	Prolamina	Glutelina
	Proteico	%	%	%	%
Siruguppa	9.94	5.5	7.3	32.6	37.4
Annigeri	10.56	5.4	7.3	56.2	34.6
Bijapur	18.13	7.7	6.4	43.1	26.8
Cernum	17.06	5.2	9.3	44.5	34.6
Dochna	19.0	1.3	2.0	58.8	19.0

Tomado de: J. Agr. Food Chem. Virupaksha & Sastry. (T-16
P. 199-203). 1968.

CUADRO 2.7

Composición de los aminoácidos de las fracciones
proteicas de un grano de sorgo.
(Porcentaje de proteína)

Aminoácido	Harina de endospermo	Fracción Proteica		
		Globulina	Prolamina	Glutelina
Lisina	1.7	3.36	0.14	3.12
Arginina	3.25	6.14	0.66	5.91
Acido Aspártico	6.25	8.68	6.72	9.07
Treonina	3.81	4.87	-	4.88
Cisteína	1.08	1.99	vestigios	1.21
Metionina	1.51	2.24	1.33	-

Tomado de : Producción y Usos del Sorgo. Wall & Ross. Pag. 78

por medio de electroforesis de disco en extractos acuosos y salinos.

En el cuadro 2.7 se consigna la composición de los aminoácidos de la fracción globulina de las proteínas del endospermo. Los niveles de lisina, treonina, arginina, metionina y ácido aspártico son mucho más elevados en la fracción globulina que en el total de la proteína del endospermo.

Prolaminas.- En el grano predominan las prolaminas o proteínas solubles en alcohol etílico al 60 %. Se comprobó que representa entre el 30 y el 60 % de la proteína del grano. Tiene baja calidad, dado que es deficiente en varios aminoácidos esenciales como lo muestra el cuadro 3.8. La solubilidad de la prolamina en solventes orgánicos como el etanol al 60 %, se debe a que contiene muchos aminoácidos no polares y pocos aminoácidos con carga, tales como la lisina. También es bajo su contenido en triptófano.

Glutelinas.- Es la segunda fracción proteica en importancia. Después de sacar las proteínas diluibles en soluciones salinas y de alcohol, se agita la harina con hidróxido de sodio al 0.4 % durante 2 horas a temperatura ambiente para extraer la glutelina. De éste modo se aisló del 20 al 40 % de la proteína de la harina según la variedad. Como la lisina, la treonina y la metionina son los aminoácidos esenciales más deficientes de los cereales a juzgar por el cuadro 3.8 es evidente que las proteínas de la albúmina y la globulina son las mejores en valor nutri

tivo; la prolamina es la que contiene menos y la globulina es intermedio. La gran cantidad de prolamina influye en el bajo valor nutritivo proteico del grano de sorgo.

CUADRO 2.8.

Comparación de los análisis de aminoácidos en granos de sorgo y otros cereales que cumplen con las normas establecidas por la FAO.

(Porcentaje de proteína)

Aminoácido	Sorgo	Maíz	Trigo	Arroz	Norma (FAO)
Lisina	1.7	2.7	2.5	3.4	4.3
Histidina	2.0	3.03	2.0	2.2	
Arginina	2.9	5.2	3.6	2.1	
Acido aspártico	6.2	6.8	3.4		
Treonina	3.2	3.6	2.5	3.4	3.3
Leucina	4.7	5.2	4.7		
Acido glutámico	23.6	21.3	29.3		
Prolina	8.6	10.0	10.3		
Glicina	2.8	4.0	3.4		
Alanina	13.5	8.1	3.0		
Cisteína		1.6	4.0	1.2	1.7
Valina	5.4	4.7	2.9	6.2	2.8
Metionina	0.83	1.7	1.0	1.4	1.7
Isoleucina	3.7	3.5	4.2	5.2	4.3
Leucina	13.2	12.4	6.6	8.2	4.9
Tirosina	1.9	4.4	3.5	5.7	2.5
Fenilalanina	5.1	5.0	4.9	5.2	2.9
Triptófano		1.0			1.1
Proteína (%)	16.5	10.0	12.0	9.0	

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DEL PROCESO

- 1.- Objetivo
- 2.- Recepción de sorgo en la planta
- 3.- Secuencia de operación en el proceso

DESCRIPCION DEL PROCESO

1.- OBJETIVO.

A partir del sorgo recibido del campo, vamos a obtener el sorgo cribado, granza, gluma e impurezas.

Definición de los materiales a obtener:

Sorgo Cribado.- Es el grano libre de impurezas, es decir, el grano que quedará retenido sobre una chapa (tamiz) de $5.5/64$ " , en una criba de oscilación uniforme horizontal.

Granza.- Es el material que pasará a través de una chapa (tamiz) de $5.5/64$ " , además del grano partido que se separa en una criba de oscilación uniforme horizontal.

Gluma.- Es el material envolvente del grano que se separa por la diferencia de densidades por medio de una criba de oscilación circular plano vertical con succión de aire que posteriormente se recupera en un ciclón.

2.- RECEPCION DE SORGO EN LA PLANTA.

Una vez efectuadas las operaciones de compra-venta del sorgo, se translada a la planta por medio de furgones de ferrocarril o de camiones, en donde antes de descargar el material a un silo, se le somete a análisis establecidos por procedimientos de cada empresa. Estos análisis consisten esencialmente en la determinación de los siguientes

parámetros:

1) % de humedad.- Se determina por medio de análisis directos o indirectos basados en la diferencia de peso. - Por lo general el estandar de contenido de humedad es de 13% máximo con el objeto de poder almacenarlo por algún tiempo sin que se tenga el riesgo de modificar las características del grano y evitar la formación de plagas en el mismo. Cuando se recibe grano fuera de ésta especificación se castiga en el precio al vendedor por concepto de maniobra de secado y se descuenta el porcentaje del peso excedente de humedad.

2) % de grano aprovechable.- Se determina por medio de una criba manual (Fig. 3.1) pesando una cierta cantidad y determinando el porcentaje del grano retenido en una chapa de 5.5/64 ". El tamaño de las chapas (tamices) - se establece de una manera convencional en las operaciones de compra-venta dependiendo del tamaño del grano.

3) Peso volumétrico.- Se determina por medio del aparato mostrado en la figura 3.2 y se reporta en lb/bsh o Kg/hl.

4) Calidad en el grano.- En algunos casos, el grano puede estar contaminado por plagas (gorgojo o palomilla) o bien puede traer un porcentaje alto de endospermo negro por sobrecalentamiento en el manejo o deficiencias en la siembra. En estos casos, se reporta con las observaciones correspondientes para tomar las medidas que sean necesarias en cada caso para el almacenamiento y en castigos de precio en la compra.

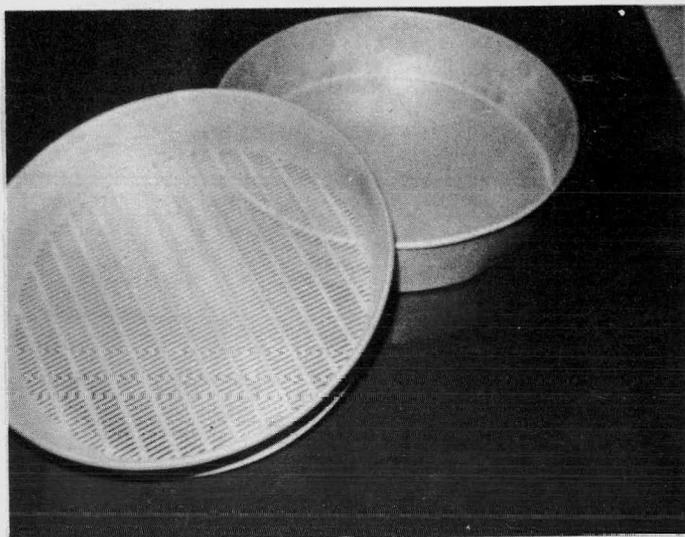


Fig. 3.1. Chapas (tamices) para determinar la cantidad de grano aprovechable. ($5.5/64''$).

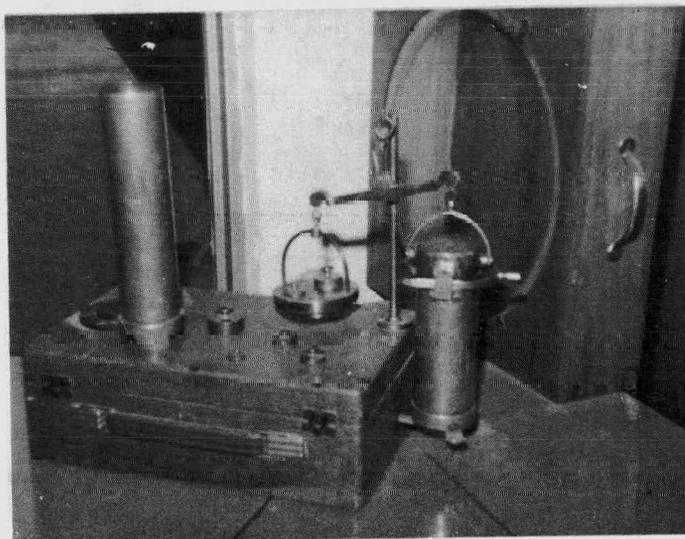


Fig. 3.2. Aparato para determinar el peso volumétrico de los granos.

3.- SECUENCIA DE OPERACION EN EL PROCESO.

Una vez conocidas las condiciones en que se va a recibir el sorgo, se programa al silo en donde será almacenado. De acuerdo a nuestro diagrama de flujo (DTG-1), el material (e) se depositará en las tolvas (T-1 y T-2) donde será trasladado a un silo (D-5) por medio de transportadores de gusano (W-1 , W-2) y por elevadores de cangilones (elevadores E-1 y E-2). A éste silo llegará por medio de los acarreadores (W-8 y W-9) donde permanecerá hasta que se programe a proceso.

Cuando el tiempo de almacenamiento es mayor de un mes se efectuarán volteos de un silo a otro silo obteniendo muestras con el propósito de analizarlas y conocer las condiciones de almacenaje del grano. Esto se hace con el objeto de asegurar la conservación del grano en óptima calidad, es decir, evitar la formación de plagas bajando la temperatura del grano por medio de la aereación que reciben al realizarse el volteo. Esto es poco frecuente debido a los requerimientos que se tienen de producción.

En casos muy frecuentes se recibe el sorgo con porcentajes de humedad mayor al 13 % (h). En éstas circunstancias se hace necesario secar el sorgo por medio de un secador (Z). El sorgo humedo (h) se traslada a un silo (D-4) por medio de transportadores mecánicos (acarreador W-3 y elevador E-3) depositandose en la tolva de secado (T-3) donde pasará a la sección de calentamiento (Z₁) permaneciendo dos horas y posteriormente pasa a la sección -

de atemperado (Z_2) donde permanecerá una hora. La energía necesaria para el secado se obtendrá de un horno (H) que calentará el aire (a) utilizando como combustible gas natural (o). El aire caliente (ac) pasará a través de la sección de calentamiento (Z_1) efectuando el secado por medio de un abanico. Cuando pasa a la sección de atemperado (Z_2) el aire de atemperado lo tomará de la atmósfera por medio de otro abanico; en estas condiciones se toma una muestra del grano y se determina el % de humedad para verificar la efectividad del secado. Una vez seco (s) se trasladada nuevamente al silo (D-6) donde será almacenado.

En nuestro estudio es particularmente útil secar el sorgo, ya que a consecuencia de los resultados obtenidos se comprobó que a medida que el porcentaje de humedad en el sorgo es menor, el desprendimiento de las glumas se efectúa con mayor facilidad que en los sorgos con porcentaje mayor al 13%.

Cuando se programa el sorgo a proceso (s) se deposita en las tolvas de cribado (T-4 y T-5) utilizando el acarreador (W-3) y el elevador (E-3) o bien por el elevador (E-4) (directamente a secado) que será descargado a las tolvas de cribado por medio del acarreador (W-10); en estas circunstancias, el sorgo seco a proceso (f) llegará a una criba de oscilación uniforme horizontal (K) donde se separará por medio de una chapa de 5.5/64" el sorgo cribado (k) de la granza (r) así como las impurezas ligeras (i) que se precipitarán en el ciclón (P) separándose por medio de un extractor (X) de aire (a). Las impurezas ligeras

y polvo (it) se depositarán en una tolva (T-10).

El sorgo cribado (k) pasará a una criba de oscilación circular plano vertical que a base de un extractor (X) de aire (a) separará las glumas (c) del sorgo limpio (l) y la granza (g) que no se pudo separar en la criba de oscilación uniforme horizontal. En éstas condiciones la granza (r) y (g) pasarán a la tolva (T-7), el sorgo limpio (lt) pasará a la tolva (T-8) y la gluma (ct) que se separó del aire (a) por medio de la precipitación efectuada por el ciclón (P) pasará a la tolva (T-9).

De ésta manera, tenemos a los materiales en sus respectivas tolvas los cuales pasarán a los silos correspondientes (D-1, D-2 y D-3) por medio de los acarreadores (W-6 y W-7) y los elevadores (E-3 y E-4) que los depositarán en los silos por medio de los acarreadores (W-8 y W-9).

De ésta forma, el sorgo limpio (lt) pasará a la fábrica de "Fino Real" (b) por medio del acarreador (W-5) - cuando las necesidades del proceso lo requieran. Así mismo la granza (rg) y la gluma (ct) pasarán a la fábrica de alimentos balanceados (m) en las proporciones que le correspondan dependiendo de la formulación que el nutriólogo determine conveniente.

4.4 .- BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN EL SECADOR.

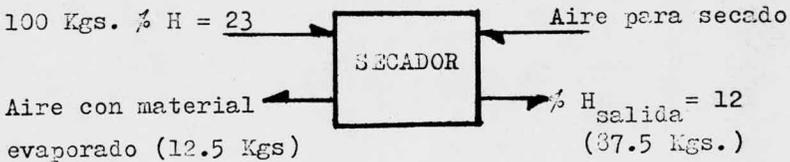
Balace de material.- Se recibe sorgo con porcentaje de humedad hasta el 23%, en cada caso, variará la pérdida de material al secarse dependiendo del porcentaje de humedad de recepción. Las condiciones más adecuadas para su almacenamiento son del orden del 12 al 13% de humedad para evitar la formación de hongos y moho, o bien, cualquier clase de flora microbacteriana indeseable que trae como consecuencia la disminución en la calidad del grano.

Para obtener el peso perdido por el secado y consecuen^utemente la cantidad de material final, podemos emplear la siguiente formula:

$$\text{Peso Perdido por Secado} = 100 \times \frac{\%H_{\text{inicial}} - \%H_{\text{final}}}{100 - \%H_{\text{final}}}$$

Ejemplo: Sorgo con 23% H se secará hasta un % H igual a 12.

Base: 100 Kgs. de material inicial.



$$\text{PPPS} = 100 \times \frac{23 - 12}{100 - 12} = 100 \times \frac{11}{88} = 12.5 \text{ Kgs.}$$

Donde : PPPS = Peso perdido por secado.

Peso del material a la salida: 100 - 12.5 = 87.5 Kgs.

procediendo de la misma forma para las diferentes --
 humedades de entrada, obtenemos la tabla 4.1 para el balan
 ce de materia:

Tabla 4.1
 TABLA MOSTRANDO EL BALANCE DE MATERIAL EN EL
 SECADOR.

Base: 100 Kgs.

% H _{Entrada}	% H _{Salida}	Kgs	Kgs
		Peso Perdido Por Secado.	Cantidad de ma terial seco.
23	12	12.5	87.5
22	12	11.3	88.7
21	12	10.2	89.8
20	12	9.0	91.0
19	12	7.9	92.1
18	12	6.8	93.2
17	12	5.6	94.4
16	12	4.5	95.5
15	12	3.4	96.6
14	12	2.2	97.8

Cantidad de aire necesario para el secado.- Se recomienda utilizar el ventilador para secado de sorgo, sólo si la humedad relativa del aire es menor del 75%. En la ciudad de México, la máxima humedad relativa promedio en los últimos 30 años ha sido del 72% y la mínima registrada de 44%. Los volúmenes de aire empleado para secar, variarán dependiendo de la humedad relativa como se muestra a continuación:

Con los datos de % H_r y temperatura de bulbo húmedo $\%H_r = 44$ $T_{BH} = 10.5^\circ C$; calculamos en el diagrama psicrométrico la humedad absoluta del aire que corresponde a: -
 $0.008 \frac{Kg \text{ Vap agua}}{Kg \text{ Aire seco}}$

Este aire, se calienta adiabáticamente hasta $60^\circ C$ en donde encontramos una humedad absoluta de $0.077 \frac{Kg \text{ V.A.}}{Kg \text{ A.S.}}$

Se obtiene la diferencia para conocer los kilogramos de agua removida/ kilogramos de aire seco de entrada.

$$(0.077 \frac{Kg \text{ V.A.}}{Kg \text{ A.S.}}) - (0.008 \frac{Kg \text{ V.A.}}{Kg \text{ A.S.}}) = 0.069 \frac{Kg \text{ V.A.}}{Kg \text{ A.S.}}$$

Para 12.5 Kgs. de agua removida (corresponde cuando el material entra a 23% de humedad) la cantidad de aire seco será el siguiente:

$$12.5 \text{ Kgs agua removida} \times \frac{Kg \text{ A.S.}}{0.069 \text{ Vap agua remov.}} \text{Entrada} = 181.15 \text{ Kg A.S.}$$

Para 2.2 Kgs de agua removida (corresponde cuando el material entra a 14% H) la cantidad de aire seco necesario, será el siguiente:

$$2.2 \text{ Kgs agua remov.} \times \frac{Kgs \text{ A.S.}}{0.069 \text{ Kgs agua remov.}} \text{Entrada} = 31.88 \text{ Kgs A.S.}$$

Para calcular el volumen de aire requerido, necesitamos conocer el volumen específico del aire a la temperatura y humedad absoluta correspondiente, que lo podemos saber por medio del diagrama psicrométrico, o bien, por medio de la siguiente fórmula:

$$V = \left(\frac{1}{PM_g} + \frac{H}{PM_v} \right) \frac{RT}{P}$$

Donde:

V = Volumen específico del aire. (mezcla aire y agua).

PM_g = Peso molecular del gas = 29

H = Humedad absoluta del aire a la entrada = 0.008 $\frac{\text{Kg Agua}}{\text{Kg A.S.}}$

PM_v = Peso molecular del vapor = 18

R = Constante universal de los gases = 998.9 $\frac{\text{mm Hg ft}^3}{\text{lb-mol}^\circ\text{K}}$

T = Temperatura del aire = 10.5°C = 283.5°K.

P = Presión = 585 mm Hg.

Obtenemos un volumen específico comparado con el diagrama psicrométrico = 12.5 $\frac{\text{M}^3}{\text{Kg.A.S.}}$

Por lo tanto, el volumen de aire requerido para el secado será:

Para %H_{inicial} = 14 : 31.88 Kg A.S. x 12.5 $\frac{\text{M}^3}{\text{Kg.A.S.}}$ = 398.5 M³ x $\frac{\text{ft}^3}{.02837}$ = El volumen necesario para bajarlo a --

12% = 14046 ft^3 .

Para %H_{inicial} = 23: 181.15 Kg A.S. x 12.5 $\frac{\text{M}^3}{\text{Kg. A.S.}}$ = 2264.3 M³ x $\frac{\text{ft}^3}{.02837 \text{ M}^3}$ = 79813 ft^3

Por lo tanto, el volumen de aire necesario para bajarlo a 12% H es igual a 79813 ft³.

Siguiendo la misma secuencia para las diferentes humedades, llegamos a la tabla 4.2.

Tabla 4.2

Cantidad de aire requerido para el secado de sorgo a una humedad relativa del aire del 44 %.

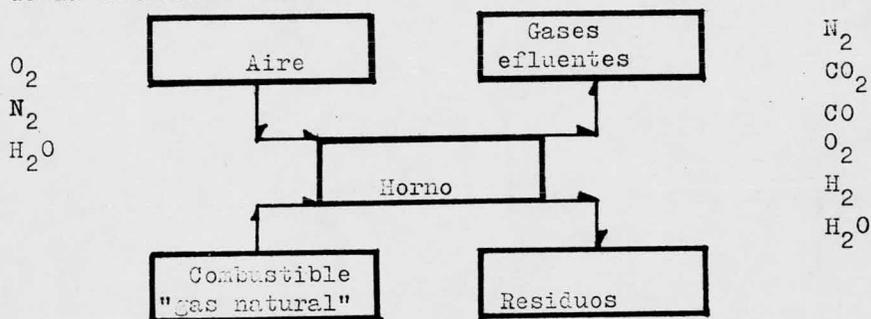
Base: 100 Kgs.

% H _{inicial}	% H _{final}	Kgs aire seco	M ³ aire req.	ft ³ aire req.
23	12	181.15	2264.3	79813
22	12	163.7	2046.2	72125
21	12	147.8	1847.5	65121
20	12	130.4	1630.0	57455
19	12	114.4	1430.0	50405
18	12	98.5	1321.2	46563
17	12	81.1	1013.7	35706
16	12	65.2	815.0	28727
15	12	49.2	615.0	21677
14	12	31.8	398.5	14046

Combustibles utilizados para secado.- Los combustibles más comúnmente utilizados para secar el grano de sorgo son: Gas natural, diesel, propano y butano. En nuestro caso particular, se seleccionó como combustible del secador el "gas natural" por la disponibilidad que se tiene del mismo y el costo razonable, después de efectuar el estudio económico comparativo con los diferentes combustibles.

El "gas natural" es una mezcla de: metano, etano, -- hidrocarburos saturados y bióxido de carbono, que tiene una capacidad calórica de 1145 BTU/ft³.

Haciendo una representación esquemática del horno, -- mostrando los gases de entrada y de salida nos quedaría de la siguiente manera:



O₂

N₂

H₂O

CH₄ ----- 82.8%

C₂H₆----- 16.3%

Hidrocarburos

insaturados-- 0.8%

CO₂----- 0.1%

Capacidad calorífica = 1145 BTU/ft³

N₂

CO₂

CO

O₂

H₂

H₂O

Balance de energía.- Para proceder a los cálculos de balance de calor, es necesario señalar que a partir de --- pruebas que se han efectuado en laboratorio, se ha encontrado que para conocer la capacidad del calefactor se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{BTU} = \text{Volumen de aire} \times 1.1 \times \text{Elevación de temperatura}$$

Donde:

$$\text{Volumen de aire} = \text{ft}^3/\text{min}$$

1.1 = Constante

$$\text{Elevación de temperatura } (\Delta T) = ^\circ\text{F.}$$

Las temperaturas de secado pueden variar entre los 50 y 90°C. Sin embargo, para nuestro estudio nos limitaremos a considerar 60°C, con el propósito de no causar daños en el grano por los conceptos expresados anteriormente.

Para efectuar el balance de calor, procedemos para cada condición de la siguiente manera:

Considerando el caso en que el grano entra al secador con 23% de humedad y se va a secar hasta una humedad final del 12%, para lo cual necesitamos 79813 ft³/min de aire, y considerando que la temperatura del aire se encuentra a -- 25°C el cual se va a calentar adiabáticamente hasta 60°C - tenemos:

$$\text{BTU/hr} = 79813 \text{ ft}^3/\text{min} \times 1.1 \times (140 - 77^\circ\text{F}) = 5531041$$

$$5531041 \text{ BTU/hr} \times 1\text{hr}/60\text{min} \times \text{Ft}^3/1145 \text{ BTU} = 80.51$$

80.51 ft³/min x 0.02831 M³/ft³ = 2.27 M³/min (Cantidad de gas natural necesario para el proceso de secado en las condiciones consideradas.

Procediendo de la misma forma para las diferentes ---

humedades, llegamos a la tabla 4.3 que muestra la cantidad de calor necesaria para efectuar el secado a diferentes -- condiciones de porcentaje de humedad inicial.

Tabla 4.3

Tabla mostrando el balance de calor en el secador.

$\%H_{inicial}$	$\%H_{final}$	ft^3 aire req.	BTU/min req.	ft^3/min gas req.
23	12	79813	92184	80.21
22	12	72125	83004	72.75
21	12	65121	75215	65.68
20	12	57455	66360	57.95
19	12	58217	58217	50.84
18	12	46563	53780	46.96
17	12	35706	41240	36.01
16	12	28727	33179	28.97
15	12	21677	25036	21.80
14	12	14046	16223	14.10

Es importante señalar que las cantidades que se presentan en la tabla 4.3, van a variar tanto para el balance de materia como para el balance de energía, dependiendo de las condiciones atmosféricas y de las características del grano con lo que consecuentemente se modificará la eficiencia del secador; por lo tanto, sería necesario recalcular para las diferentes condiciones con la misma secuencia empleada. El tiempo de secado, también se verá afectado con

la alteración de cualquiera de los parámetros señalados -- tanto para el balance de material como para el balance de energía.

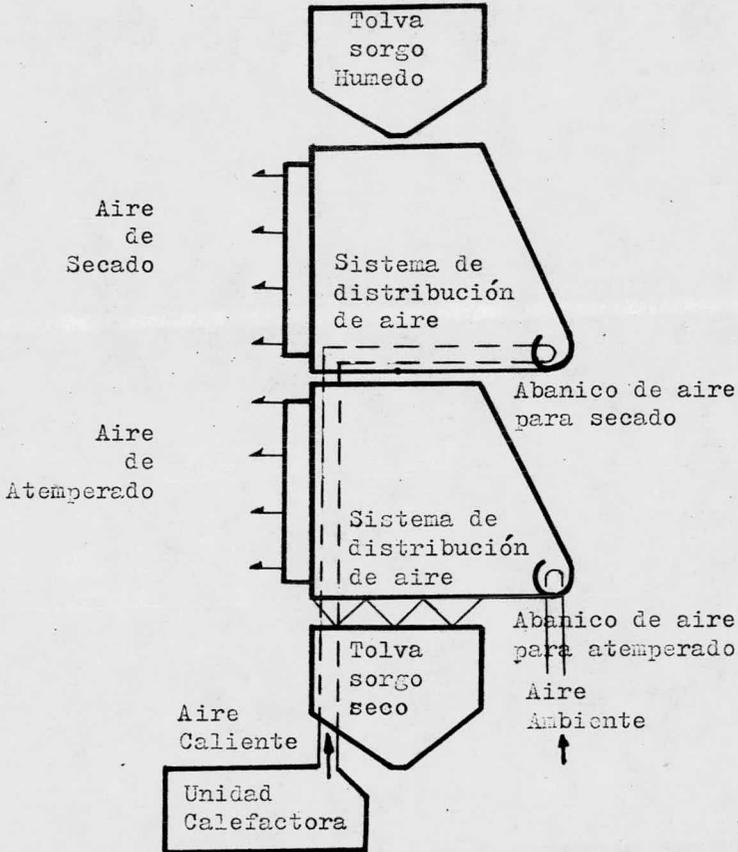


Figura 4.1. Secador tipo Zig-Zag.

C A P I T U L O V

DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO

- 1.- Silos
- 2.- Transportadores de gusano
- 3.- Elevadores de cangilones
- 4.- Cribas
- 5.- Secador
- 6.- Colectores
- 7.- Tolvas

D I M E N S I O N A M I E N T O D E E Q U I P O

1.- SILOS.

El dimensionamiento de silos, por lo general es fijado por la compañía constructora. Sin embargo, para nuestro caso seguimos la secuencia de cálculo, para comprobar el ángulo de descarga y la capacidad real por silo.

Eligiendo capacidad mínima por silo de 300 toneladas de sorgo, tenemos que el número mínimo de silos está dado por la siguiente relación:

$$N \text{ silos} = \text{Stock/Capacidad mínima}$$

$$N \text{ silos} = 7\ 087.5/300$$

$$N \text{ silos} = 23.62$$

Se adoptó la construcción de silos en forma prismática regular con base hexagonal de terminación piramidal y silos hexagonales forma prismática truncada. Dada la forma geométrica de dichos silos, se prestan para construirse en batería como se muestra en el diagrama de distribución de equipo (DTG-2).

Cálculo de capacidad y ángulo de descarga.- De acuerdo a la figura 5.1, tenemos como datos los siguientes:

$$L \text{ _ Lado de la base hexagonal} = 2.5 \text{ m}$$

$$h_1 \text{ _ Altura total de silo:}$$

$$\text{Silo lateral} = 32.5 \text{ m}$$

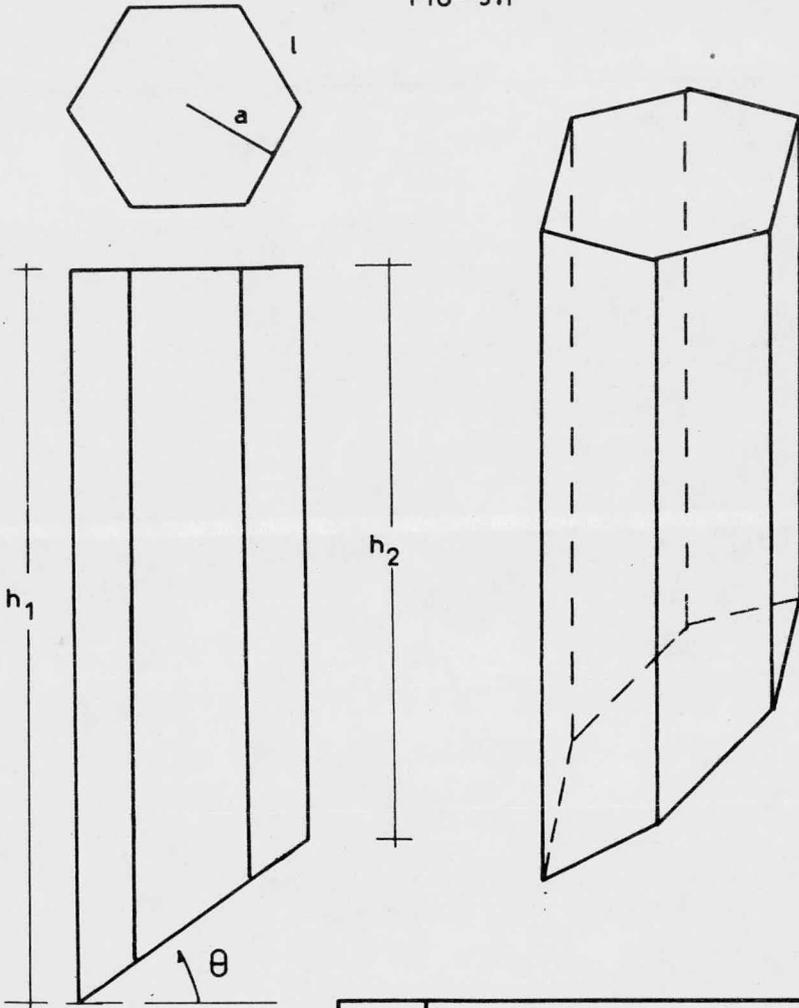
$$\text{Silo central} = 29.0 \text{ m}$$

$$h_2 \text{ _ Altura de la base de descarga:}$$

$$\text{Silo lateral} = 28.5 \text{ m}$$

$$\text{Silo central} = 27 \text{ m}$$

FIG - 5.1



a 2.16 m
 l 2.5 m
 h_2 29 m
 h_1 32.5 m
 θ 39°

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA
	SILO LATERAL
	TESIS PROFESIONAL
	J. Leobardo Solís Morales Miguel Hernández de la T.

Para calcular la capacidad de ambos tipos de silos, -
 procedemos primero a calcular el area de la base mediante
 la fórmula siguiente:

$$A_B = \frac{P \times a}{2}$$

Donde:

A_B _ Area de la base hexagonal

P _ Perímetro

a _ Apotema

$$P = 6L$$

$$P = 6 (2.5m)$$

$$P = 15 m$$

De la figura 5.1, en base a consideraciones trigono-
 métricas de la misma, tenemos que el apotema viene dado -
 por:

$$a = L \times \text{Sen } 60^\circ$$

$$a = 2.5 \times 0.860$$

$$a = 2.16 m$$

Sustituyendo en la fórmula para el cálculo de la ba-
 se tenemos:

$$A_B = \frac{15 m \times 2.16 m}{2}$$

$$A_B = 16.2 m^2$$

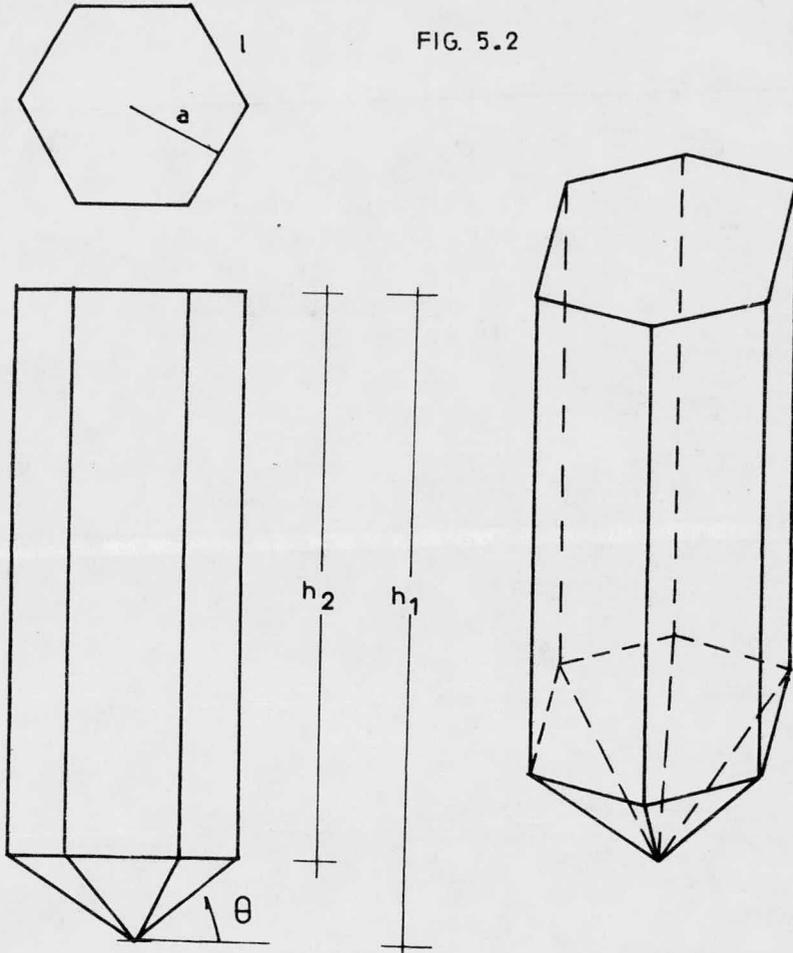
El volumen de un silo lateral viene dado por la si-
 guiente relación:

$$V_l = A_B \times h_2 + 6 \frac{(h_1 - h_2) A_B}{2}$$

$$V_l = 16.2 m^2 \times 28.5 m + \frac{(32.5 - 28.5) 16.2}{2}$$

$$V_l = 404.1 m^3$$

FIG. 5.2



- a 2.16 m
- l 2.5 m
- h_1 28.5 m
- h_2 27 m
- θ 45°

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA
	SILO CENTRAL
	TESIS PROFESIONAL
	J. Leobardo Solís Morales Miguel Hernández de la T.

Tomando la densidad promedio del sorgo sucio, tenemos que la capacidad para un silo lateral es dada por la relación:

$$M = V \times V_p$$

Donde:

M _ Cantidad de sorgo.

V _ Volumen de silo lateral.

V_p _ Peso volumétrico del sorgo.

Sustituyendo los datos indicados:

$$M = 494.1 \text{ m}^3 \times 720 \text{ Kg/m}^3$$

$$M = 355\ 752 \text{ Kgs.}$$

Para encontrar el ángulo de descarga en dicho silo - nuevamente nos referimos a la figura 5.1 y de consideraciones trigonométricas llegamos a la expresión siguiente:

$$\text{Tan } \theta = \frac{h_1 - h_2}{2L}$$

$$\text{Tan } \theta = \frac{32.5 \text{ m} - 28.5 \text{ m}}{2 (2.5\text{m})}$$

$$\text{Tan } \theta = 0.80$$

$$\theta = 39^\circ$$

Podemos observar que el ángulo de descarga es mayor que el ángulo de reposo del grano de sorgo, por lo que podemos concluir que las dimensiones de dicho silo son correctas.

Haciendo referencia a la figura 5.2, tenemos que para calcular el volumen de un silo intermedio se hace mediante la siguiente expresión:

$$V = A_B \times h_2 + \frac{(h_1 - h_2)}{3} A_B$$

Sustituyendo datos encontrados anteriormente y las dimensiones especificadas en la figura 5.2.

$$V = 16.2 \text{ m}^2 \times 26.5 \text{ m} + \frac{29 \text{ m} - 26.5 \text{ m}}{3} 16.2 \text{ m}^2$$

$$V = 441.72 \text{ m}^3$$

La capacidad del silo central viene dada por una expresión similar a la utilizada en el silo grande, teniendo un valor de:

$$M = 318\,038.4 \text{ Kgs.}$$

Finalmente el ángulo de descarga está fijado por la relación siguiente obtenida de consideraciones trigonométricas de la figura 5.2.

$$\text{Tan } \theta = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

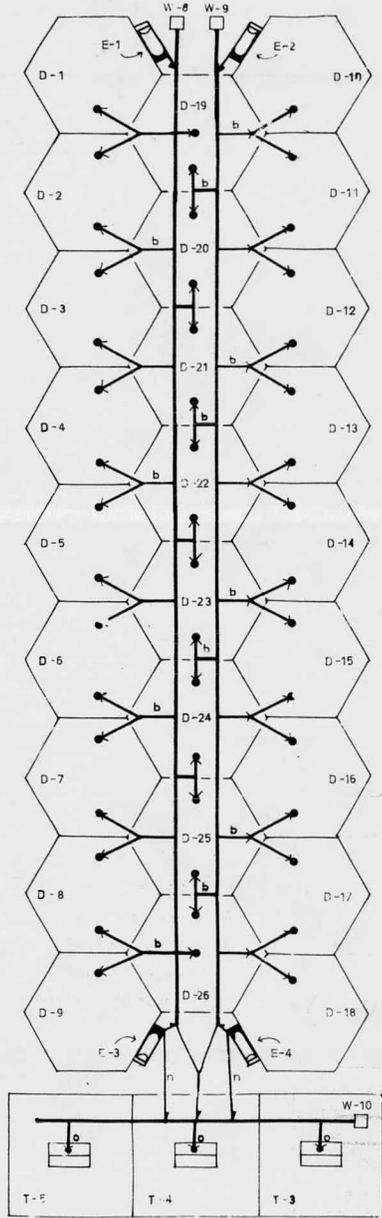
$$\text{Tan } \theta = \frac{29 \text{ m} - 26.5 \text{ m}}{2.5}$$

$$\text{Tan } \theta = 1$$

$$\theta = 45^\circ$$

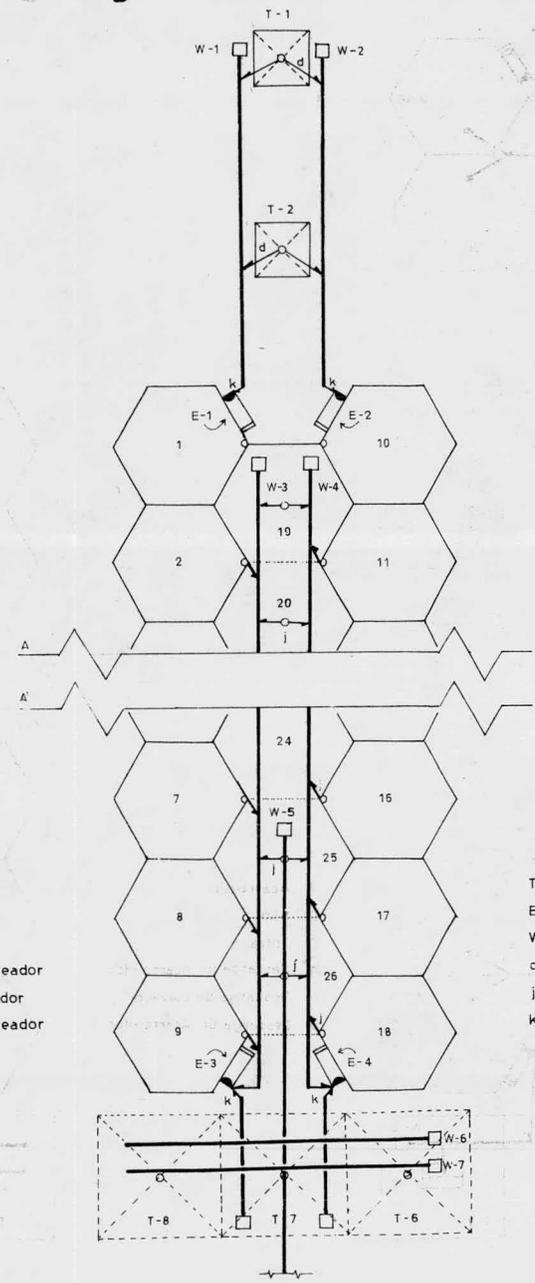
Nuevamente comprobamos que las dimensiones del silo central son correctas ya que el ángulo de caída es mayor que el ángulo de reposo.

A



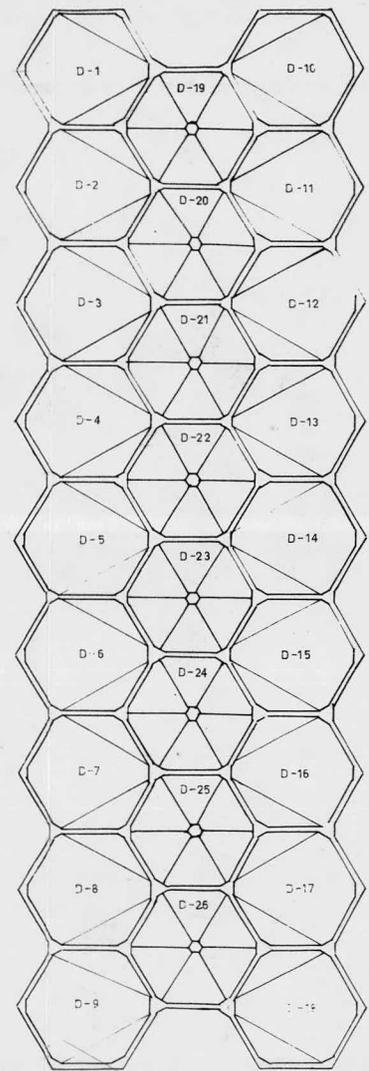
W Acarreador
 D Silo
 T Tolva
 b Descarga de Acarreador
 n Descarga de Elevador
 o Descarga de Acarreador

B



T Tolva
 E Elevador
 W Acarreador
 d Descarga de Tolva
 j Descarga de Silo
 k Descarga de Acarreador

C



A PLANTA ALTA
 B SOTANO
 C DISTRIBUCION DE SILOS

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA	
	LOCALIZACION DE EQUIPOS	
	TESIS PROFESIONAL	
	JOSE LEOBARDO SOLIS MORALES	ESC-2
	MIGUEL HERNANDEZ DE LA TORRE	
		NOV-76

DTG-2

2.- TRANSPORTADORES DE GUSANO.- Para movilizar el -- grano de sorgo, se ha encontrado efectividad cuando ésto se efectua por medio de transportadores de gusano en caso de transporte horizontal o inclinado hasta un máximo de - 30°.

La potencia necesaria para efectuar el traslado del sorgo en posición horizontal de capacidad diversa se puede estimar mediante la siguiente ecuación adoptada por la Industrial Machinery Company:

$$TEMP = FMP + MHP$$

Donde:

TEMP _ Potencia total (HP) en el eje.

FMP _ Potencia de fricción (HP necesarios para impulsar el transportador vacio)

MHP _ Potencia de acarreo (HP necesarios para impulsar el material)

La potencia de fricción se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$FMP = \frac{DF \times 1.7 \times V}{1000 \ 000}$$

Donde:

DF _ Factor de diámetro del acarreador (tabla 5.1)

L _ Longitud del acarreador en ft.

V _ Velocidad del acarreador en RPM (gráfica 5.1)

La potencia necesaria para mover el material se estima de la siguiente forma:

$$MHP = \frac{CP \times L \times 28}{1000 \ 000}$$

Donde:

MHP _ Potencia necesaria para transportar el material

CP _ Capacidad del acarreador en bushels/hr.

Si el MHP resulta inferior a 5 HP debe corregirse de acuerdo a la gráfica 5.2 recomendada por el fabricante.

Cálculo del acarreador No. 1.- Del diagrama DTG-2 tenemos:

$$L = 18 \text{ m} = 59.01 \text{ ft}$$

$$Q = 60 \text{ Ton/hr (capacidad deseada de descarga)}$$

De las características físicas del sorgo tenemos que la densidad volumétrica promedio es igual a 72 Kg/Hl equivalente a 55.98 lb/Bsh. Así la capacidad de transporte para el acarreador No. 1 será:

$$\frac{60\,000 \text{ Kg/hr} \times 2.202 \text{ lb/Kg}}{55.98 \text{ lb/Bsh}} = 2\,360.817 \text{ Bsh/hr.}$$

$$2360.817 \text{ Bsh/hr} \times 1.25 = 2\,951.02 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Con dato de capacidad en ft^3/min buscamos en la gráfica 5.1 la máxima velocidad recomendada proporcionadas por el fabricante. Seleccionando la de 45% encontramos -- que para un acarreador de 14" la velocidad recomendada será de 90 RPM.

Con el dato de diámetro del acarreador encontramos el factor DF en la tabla 5.1 el cual tiene como segundo parámetro la selección del material, el cual resulta de 135 eligiendo el colgante con recubrimiento de metal babbitt.

Ahora, sustituyendo datos en la fórmula para calcular los HP de fricción, tenemos:

$$FHP = \frac{135 \times 1.7 \times 59.01 \times 20}{1000 \ 000} = 1.218 \text{ HP}$$

Substituyendo datos en la fórmula para cálculo de HP por peso de material:

$$LHP = \frac{2 \ 360.817 \times 59.01 \times 23}{1000 \ 000} = 3.9 \text{ HP}$$

Corrigiendo con la gráfica 5.2 por resultar menor de 5 HP tenemos el valor real de:

$$4.55 \text{ HP} = LHP$$

Finalmente la potencia total requerida para el acarrondador No. 1 es de:

$$HP = FHP + LHP$$

$$HP = 1.218 + 4.55$$

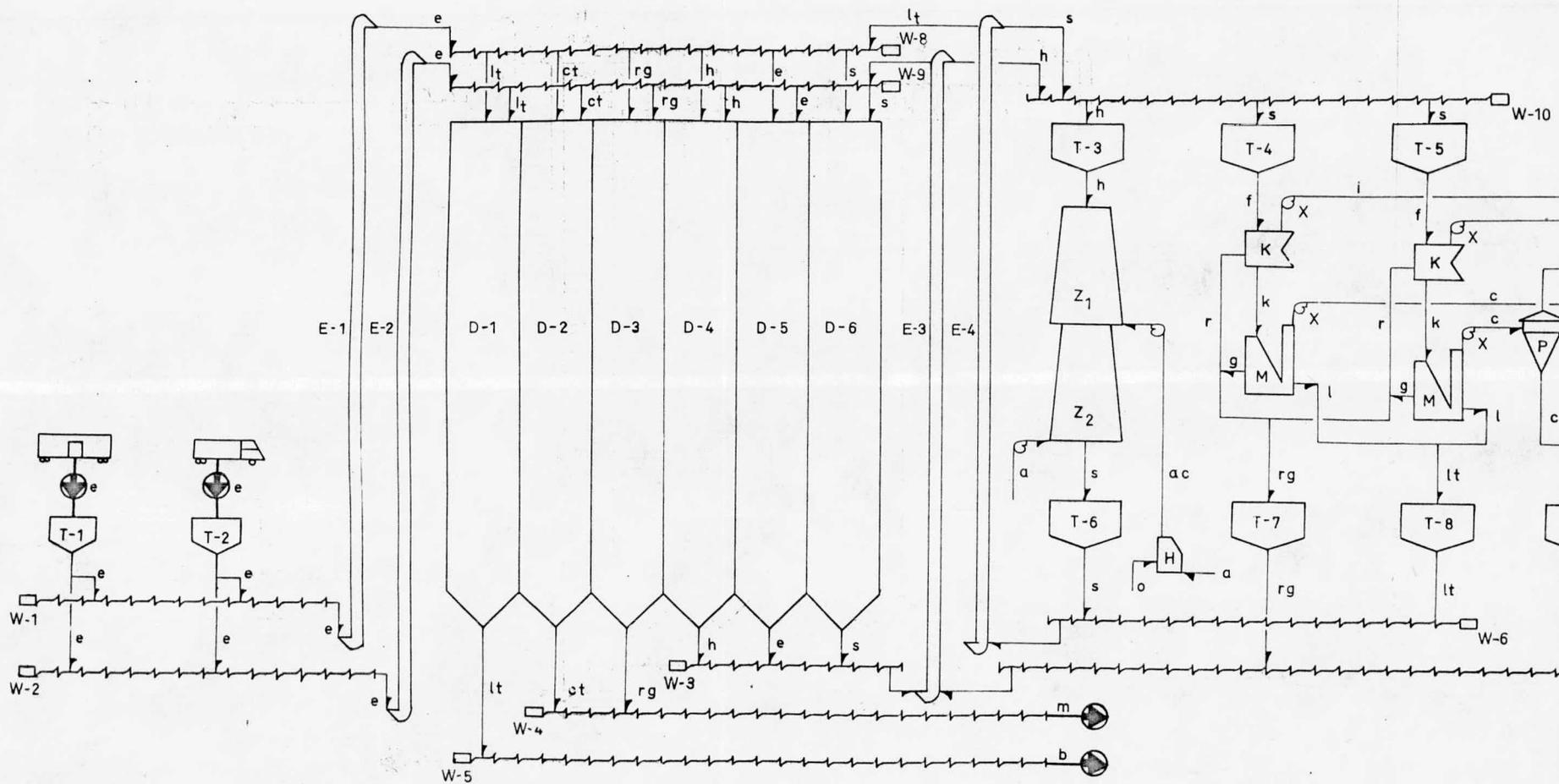
$$HP = 5.768$$

Siguiendo un procedimiento similar para los demás transportadores de gusano, se llegó a la tabla 5.2.

Tabla 5.2

Características de los transportadores de gusano

Acarreador	L(ft)	Q(Bsh/hr)	FHP	MHP	RPM	D(in)	TEMP
1	59.01	2360.817	1.21	4.55	90	14	5.76
2	59.01	2360.817	1.21	4.55	90	14	5.76
3	113.31	2360.817	2.34	7.49	90	14	9.83
4	113.31	2360.817	2.34	7.49	90	14	9.83
5	98.36	3000.000	2.03	8.26	90	14	10.29
6	59.01	2360.817	1.21	4.60	90	12	5.81
7	59.01	2360.817	1.21	4.60	90	12	5.81
8	127.40	2360.817	2.63	8.42	90	14	11.05
9	127.40	2360.817	2.63	8.42	90	14	11.05
10	59.01	2360.817	1.21	4.6	90	14	5.81
11	15.39	2360.817	0.33	2.6	90	14	2.93
12	15.39	2360.817	0.33	2.6	90	14	2.93



EQUIPOS

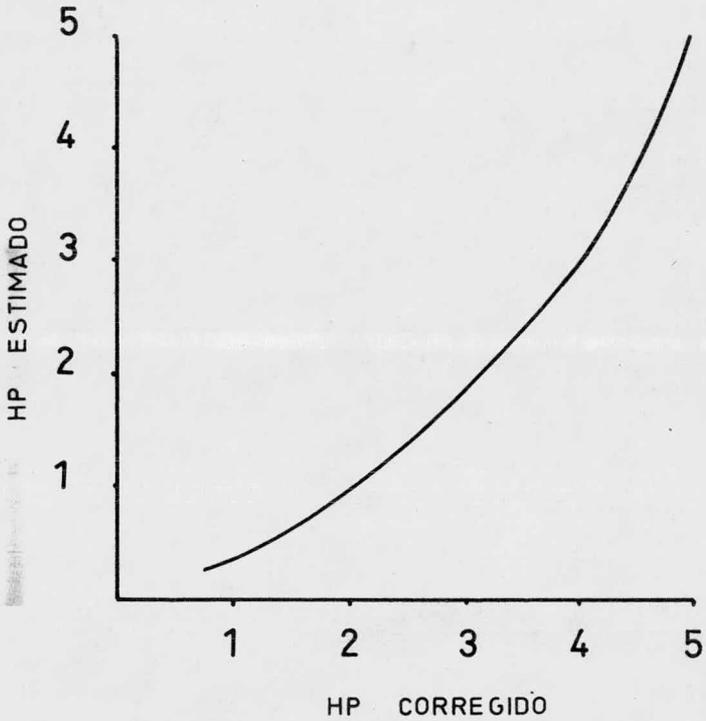
- W - Acarreador
- E - Elevador
- D - Silo
- Z - Secador
- K - Criba Eureka
- M - Criba Miag
- H - Horno
- P - Ciclón
- X - Extractor
- T - Tolva

CORRIENTES

- e - Sorgo de cosecha
- l, lt - Sorgo limpio
- o - Gas natural
- ac - Aire caliente
- h - Sorgo húmedo
- s - Sorgo seco
- m - A fábrica de Alimentos
- a - Aire
- k - Sorgo cribado
- f - Sorgo seco a proceso
- g, rg - Granza
- i, it - Impurezas ligeras y polvo
- c, ct - Gluma
- b - A fábrica de Finer Real

U	F
N	R
A	T
M	E

GRAFICA 5.2

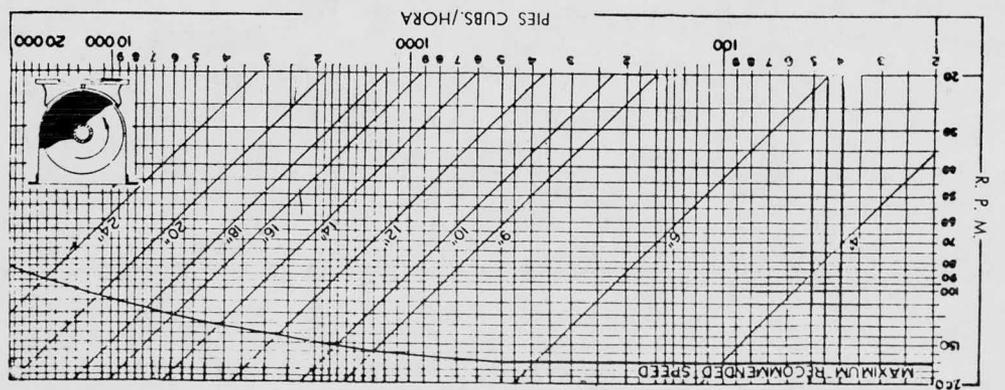
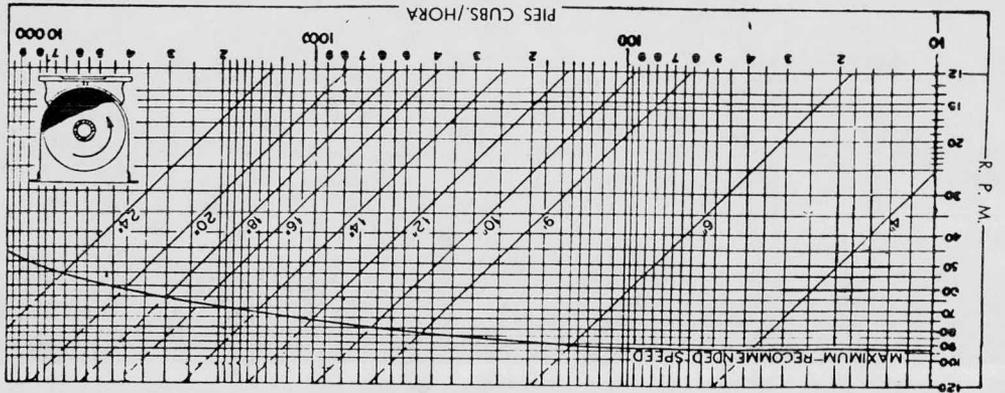
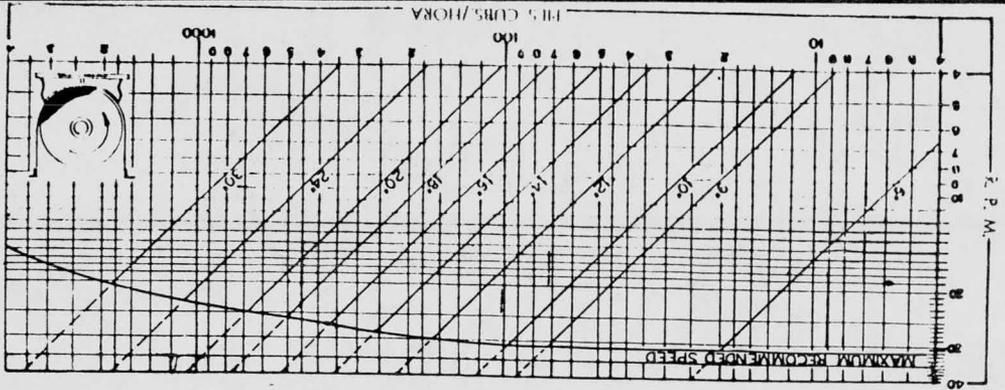


U N A M	FACULTAD DE QUIMICA
	GRAFICA DE MHP
	TESIS PROFESIONAL
	J. Leobardo Solís Morales Miquel Hernández de la T.

Tabla 5.1

Tabla de factor "DF"

Diámetro de transportador	Tipo de colgante			
	bolas o rodillos	madera babbitt o bronce	acero al manganeso	bronce autolub.
3 in	10	15	24	15
4 in	12	21	33	50
6 in	18	33	54	80
9 in	32	54	96	130
10 in	38	66	114	160
12 in	55	96	171	250
14 in	78	135	225	350
16 in	106	186	336	480
18 in	140	240	414	600
20 in	165	285	510	700
24 in	230	390	690	950



Curvas de caudal para los siguientes

Modelos 5.1

3.- ELEVADORES DE CANGILONES.

En el traslado vertical e inclinado (mayor de 45°) del sorgo, se recomiendan los transportadores (elevadores) de cangilones tipo centrifugo que se adaptan a las condiciones de manejo y características físicas de los materiales que se manejarán, tales como: sorgo sucio, sorgo limpio, granza, sorgo húmedo, gluma, etc.

Para el cálculo de la potencia requerida en cualquier tipo de estos elevadores, se ha encontrado que se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{Q \times W}{33\ 000} \times 1.5 + \frac{W \times H}{33\ 000}$$

Donde:

Q _ Cantidad de grano transportado en lb/min.

H _ Altura del elevador en pies (ft).

Cálculo del elevador No. 1.- La capacidad de descarga en la parte superior debe ser la misma que la deseada en recepción debido a los motivos expuestos en el balance de material.

De los datos señalados en el balance de materia tenemos:

$$Q = 60 \text{ Ton/hr} = 132\ 120 \text{ lb/hr}$$

$$H = 40 \text{ m} = 131.12 \text{ ft}$$

$$\text{Densidad volumétrica} = 55.98 \text{ lb/Bsh.}$$

Con el dato de capacidad en Bushels/hr en la tabla 5.3, encontramos el diámetro de polea y separación entre cangilones.

$$\frac{132\ 120\ \text{lb}/\text{min}}{55.98\ \text{lb}/\text{Bsh}} = 2\ 360.128\ \text{Bsh}/\text{hr.}$$

De la tabla 5.3 tenemos:

Separación entre cangilones = 8 in = 0.66 ft

Diámetro de polea = 30 in

La longitud total de la banda se estima mediante la fórmula siguiente:

$$B_L = 2H + 2 r \pi$$

Donde:

B_L = Longitud de la banda.

H = Altura del elevador.

r = Radio de la polea.

Sustituyendo datos tenemos:

$$B_L = 2 (131.12\ \text{ft}) + 3.1416 (2.5\ \text{ft})$$

$$B_L = 270.093\ \text{ft}$$

El número de cangilones por elevador, se expresa por medio de la siguiente relación:

$$N_c = B_L / \text{Sep.}$$

Donde:

N_c = Número de cangilones.

Sep. Separación entre cangilones.

Por lo tanto:

$$N_c = 270.093\ \text{ft} / 0.66\ \text{ft}$$

$$N_c = 409.233$$

De la tabla 5.4 tenemos que la capacidad por cangilón de tamaño 9" x 5" es de $116\ \text{in}^3 = 0.0671\ \text{ft}^3$; por lo que la capacidad por cangilón será de:

$$M = V \times v$$

TABLA 5.3

Selección y características de elevadores de cangilones

MODEL	D-1000	D-1000X	D-1250X	D-1500	D-1500X	D-2000	D-2500	D-3000	U2-500	U2-1000	U2-1500	U2-2000
Capacity, bu./hr.	1000	1000	1250	1500	1500	2000	2500	3000	500	1000	1500	2000
Capacity, cu. ft./hr.	1250	1250	1565	1875	1875	2500	3115	3750	10	20	30	40
Tons per hr. at 40# pcf	25	25	31	37½	37½	50	62	75	6" x 4"	6" x 4"	7" x 4½"	7" x 4"
Bucket spacing	6"	12"	12"	6" x 9"	12"	6"	6"	6"	8½"	4½"	4"	5"
Belt speed, ft./min.	132	275	325	215	385	275	325	385	350	350	265	350
Overall height is discharge height plus ...	←—————→ 33"								34"	34"	34"	34"
Hopper height, high on up leg	←—————→ 33¾"								←—————→ 27¾"			
Hopper height, low on down leg	←—————→ 18¾"								←—————→ 20¾"			
Discharge opening	←—————→ 10" square								←—————→ 10"			
Boot pulley take-up	←—————→ 12"								←—————→ 10" square			
Boot & head material	←—————→ 14 ga. steel								←—————→ 10-14 & 11 ga. steel			
Legging material	←—————→ 16 ga. steel								←—————→ 14 ga. steel			
Head Pulley Diameter	←—————→ 9¾"								←—————→ 8¾"			
Maximum discharge height for									26			
1	22	20	15	12					44			
1½	38	34	26	22	18	12			60	26	16	
2	54	48	38	30	26	20			94	44	26	
3	80	74	60	48	42	34	12		100	60	38	26
5	100	100	100	80	69	60	20			94	60	44
7½				100	100	95	40			100	100	74
10						100	62					100
15							100					
Base price, 10' discharge height	\$ 659.00	625.00	625.00	659.00	625.00	659.00	659.00	659.00	620.00	635.00	678.00	678.00
Add per foot	\$ 27.00	23.50	23.50	27.00	23.50	27.00	27.00	27.00	22.00	24.50	27.00	27.50

Fuente: Manual Burrows 1975

$$L = 0.0071 \text{ ft}^3 \times 55.98 \text{ lb/ft}^3$$

$$L = 3.756 \text{ lb.}$$

Así pues, el número de cangilones que descargarán por minuto es de:

$$\frac{2\,202 \text{ lb/min}}{3.756 \text{ lb/cang.}} = 586.26 \text{ cang./min}$$

El número de revoluciones que descargarán en una revolución de polea es de:

$$11 \times D/\text{sep.} = N$$

$$N = 3.1416 \times 2.5 \text{ ft}/0.66 \text{ ft}$$

$$N = 11.89$$

El número de revoluciones de la polea viene dado por:

$$\text{RPM} = \frac{586.26 \text{ cang./min}}{11.89 \text{ cang./rev.}} \times 1.25 = 61.63$$

$$\text{RPM} = 61.633$$

El paso de carga muerta por minuto está dado por la siguiente relación:

$$W = \left[\frac{\pi \times D}{\text{Sep.}} P_c + \pi \times D \times \rho_B \right] \text{ RPM}$$

Donde:

D — Diámetro de polea

P_c — Peso por cangilón

ρ_B — Densidad de la banda lb/ft

Los datos de P_c y B se obtienen de las tablas 5.5 y 5.6 respectivamente. Sustituyendo datos tenemos:

$$W = \left[\frac{3.1416 \times 2.5 \text{ ft}}{0.66 \text{ ft}} \times 1.25 + 3.1416 \times 2.5 \text{ ft} \times \right. \text{---}$$

$$\left. 3.40 \text{ lb/ft} \right] 61.63$$

$$W = 2\,562.421 \text{ lb/min.}$$

TABLA 5.4

Selección y características de cangilones

Dimensions and Net Prices Per 100										
Bucket Size	20 Gauge	18 Gauge	16 Gauge	14 Gauge	Dimensions			Std. Punching		Capacity Cu. Ins.
					Lgth. A	Proj. B	Depth C	No. of Holes	C to C of Holes	
3 x 3	\$ 85.70				3	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	2	1 $\frac{3}{8}$	15
4 x 3	90.30				4	2 $\frac{3}{4}$	2 $\frac{7}{8}$	2	2 $\frac{1}{16}$	20
5 x 4		\$108.85			5	3 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{7}{8}$	2	3 $\frac{1}{16}$	45
6 x 4		114.60			6	3 $\frac{3}{4}$	3 $\frac{7}{8}$	2	4 $\frac{3}{8}$	54
8 x 5		141.25	\$158.60	\$222.30	8	4 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{8}$	3	3 $\frac{1}{16}$	102
9 x 5		148.15	167.85	232.70	9	4 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{8}$	3	3 $\frac{3}{8}$	116
10 x 5		154.00	176.00	241.90	10	4 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{8}$	3	4 $\frac{1}{8}$	130
9 x 6		158.60	192.15	277.85	9	5 $\frac{3}{8}$	6	3	3 $\frac{3}{8}$	170
10 x 6		166.70	199.15	289.45	10	5 $\frac{3}{8}$	6	3	4 $\frac{1}{8}$	187
11 x 6		174.85	208.35	298.65	11	5 $\frac{3}{8}$	6	4	3	206
12 x 6		182.90	215.30	310.20	12	5 $\frac{3}{8}$	6	4	3 $\frac{3}{8}$	225
13 x 6		189.85	222.30	319.50	13	5 $\frac{3}{8}$	6	4	3 $\frac{3}{4}$	244
14 x 6		198.00	230.35	328.75	14	5 $\frac{3}{8}$	6	5	3	263
15 x 6		206.05	238.45	340.35	15	5 $\frac{3}{8}$	6	5	3 $\frac{1}{4}$	281
16 x 6		213.00	246.60	349.60	16	5 $\frac{3}{8}$	6	6	2 $\frac{1}{8}$	301
18 x 6			261.60	370.45	18	5 $\frac{3}{8}$	6	6	3 $\frac{1}{8}$	339
10 x 7			250.05	336.90	10	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	3	4 $\frac{1}{8}$	261
11 x 7			258.15	349.60	11	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	4	3	289
12 x 7			268.60	362.35	12	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	4	3 $\frac{3}{4}$	317
13 x 7			276.70	376.20	13	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	4	3 $\frac{3}{4}$	345
14 x 7			284.75	387.80	14	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	5	3	373
15 x 7			295.20	401.70	15	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	5	3	401
16 x 7			303.30	413.30	16	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	6	3 $\frac{1}{4}$	429
18 x 7			321.85	439.90	18	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	6	3 $\frac{1}{8}$	475
20 x 7			339.20	465.35	20	6 $\frac{3}{8}$	6 $\frac{3}{4}$	6	3 $\frac{1}{2}$	531

Fuente: Manual Burrogs 1975

Tabla 5.5
Características de Cangilones

Tamaño "	Peso de cangilón en libras		
	Lam. no. 16	Lam. No. 18	Lam. No. 20
6 x 5	0.98	0.95	0.80
7 x 5	1.02	1.00	0.90
8 x 5	1.05	1.02	1.00
9 x 5	1.08	1.06	1.04
10 x 5	1.12	1.09	1.06
11 x 5	1.16	1.12	1.08
12 x 5	1.20	1.15	1.12

Tabla 5.6
Características de banda de elevadores

Ancho	Densidad por pie de banda (lb/ft)			
	3 capas	4 capas	5 capas	6 capas
9"	2.30	2.50	2.85	3.10
10"	2.35	2.60	2.90	3.20
11"	2.40	2.70	2.95	3.30
12"	2.45	2.80	3.00	3.40

Finalmente para encontrar la potencia necesaria para trasladar el sorgo a 131.12 ft con una $Q = 132\ 120$ libras por hora; se hace por medio de la fórmula:

$$HP = \frac{Q \times H}{33\ 000} \times 1.15 + \frac{W \times H}{33\ 000}$$

Sustituyendo los datos obtenidos:

$$HP = \frac{2202\ \text{lb/min} \times 131.12\ \text{ft}}{33\ 000} \times 1.15 + \frac{2562.4 + 131.12}{33\ 000}$$

$$HP = 21.117$$

Siguiendo un procedimiento igual al anterior para ca da uno de los elevadores se obtuvo la tabla 5.7.

Tabla 5.7
Características de elevadores

E_N	Q (lb/min)	H (ft)	Nc	RPM	W (lb/min)	HP
E_1	2 202	131.12	409	61.63	2 562.42	21.11
E_2	2 202	131.12	409	61.63	2 562.42	21.11
E_3	1 833.33	131.12	540	61.63	2 562.42	18.55
E_4	1 833.33	131.12	540	61.63	2 562.42	18.55

4.- CRIBAS.

El proceso de cribado y limpieza total del grano de sorgo para la fábrica de "Pino Real", requiere de una cuidadosa selección de los equipos para llevar a cabo la operación.

En la primera fase del cribado se desea separar las impurezas grandes como: palos, piedras, tallos, etc. En la segunda fase del cribado se desea la separación de grano aprovechable, impurezas ligeras y granza (grano pequeño y grano quebrado).

Para llevar a efecto las dos fases de cribado anteriormente mencionadas, es necesaria una criba de movimiento armónico en plano horizontal, cuya frecuencia vibratoria nos permita separar las impurezas mayores sin que en ellas se vaya más del 2% del grano de sorgo. La criba presenta las siguientes ventajas técnicas:

1.- Aprovechamiento máximo de energía mecánica a base de transmisión múltiple y continua.

2.- Extractores de polvo e impurezas ligeras acoplados en la parte superior de las chapas (tamices) de cribado.

3.- Separación simultánea de impurezas grandes, granza, sorgo cribado, polvo e impurezas ligeras.

En la parte final del proceso de cribado, el trabajo se reduce a una limpieza total del grano, separándole las glumas y las impurezas ligeras que no le fueron eliminadas en la primera fase. Para éste caso, seleccionamos una

criba de movimiento armónico circular en plano vertical, -
cuyas características generales de trabajo son:

a) Graduación de la mayor parte del grano aprovechable (90%).

b) Golpeo continuo y uniforme del grano para favorecer el desprendimiento de las glumas.

c) Area de succión suficiente para la extracción total de la gluma.

Las ventajas técnicas de éste tipo de cribas son las siguientes:

1.- Ventilación continua de aire que puede regularse según las características físicas del sorgo que se está procesando.

3.- Cernedor de aire vertical acoplado en la descarga del sorgo limpio, con canales internos para facilitar la separación de la gluma y sorgo limpio a eficiencias de 90%.

4.- Muelles en la parte inferior, colocados lateralmente dejando una marcha libre de vibración a pesar de altas velocidades y eliminando transmisión vibratoria a paredes y pisos adyacentes a dicho equipo.

5.- Limpieza permanente de las chapas (tamices) mediante bolas de poliuretano accionadas por la vibración de la criba.

El dimensionamiento de estos equipos mecánicos se hace en base a datos empíricos de trabajo específicos para cada cercal. Sin embargo, para una buena selección de cribas se pueden seguir los siguientes criterios generales: -

1.- El sistema de accionamiento debe producir únicamente los movimientos deseados.

2.- La alimentación debe de ser uniforme y distribuida a lo largo de las chapas.

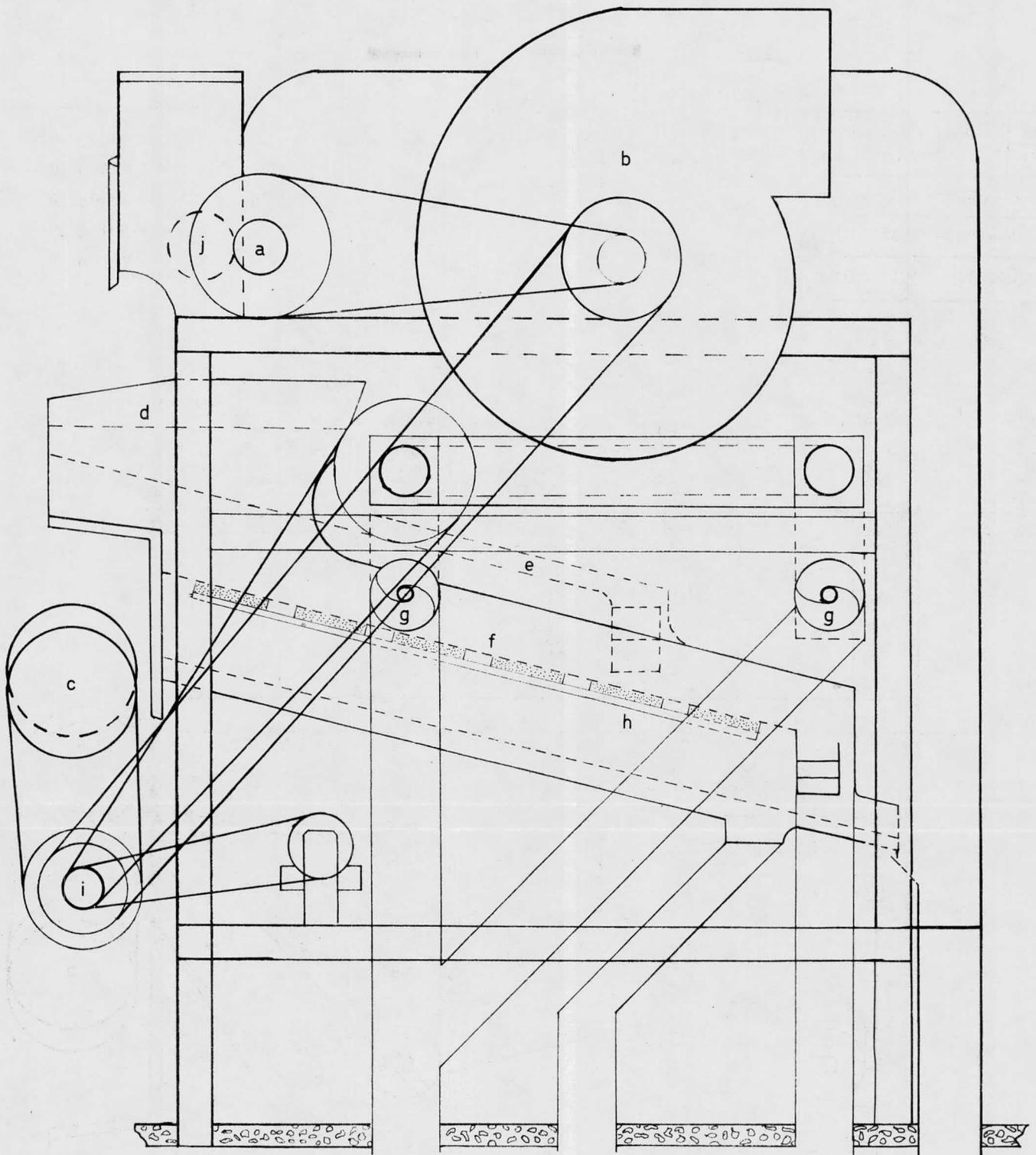
3.- Las chapas deben ser las adecuadas al producto - manejado de tal manera que no existan mezclas en los productos que se quieran separar.

Con los datos de balance de materia en el area de cribado y recurriendo a la tabla No. 5.8, se obtienen las ca características generales de dichos equipos.

Para nuestro caso específico seleccionamos dos cribas marca "Eureka" y dos cribas marca "Mag" cada una con las características que se muestran en la tabla 5.9.

En el diagrama DTG-3, se presentan los detalles técnicos de las cribas de oscilación horizontal (Eureka).

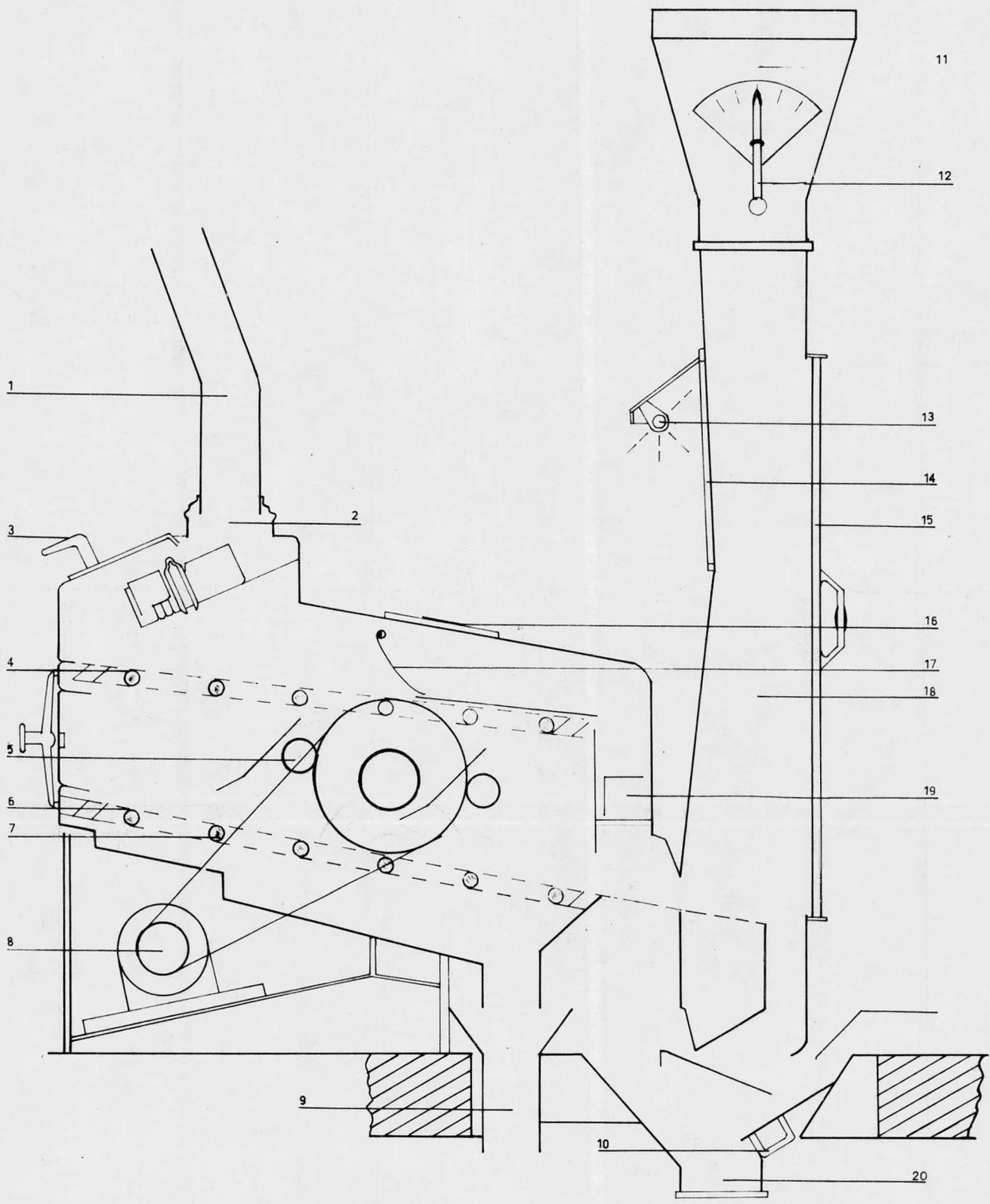
En el diagrama DTG-4, se muestran los elementos técnicos de las cribas de succión vertical (Mag).



- | | |
|----------------------|------------------------|
| a Polea motriz | f Chapa p.o. 55/64"-1" |
| b Extractor | g Acarreador de gusano |
| c Polea exéntica | h Cepillo |
| d Chapa p.o. 3/4"-1" | i Polea de transmición |
| e Chapa p.c. 1/4" | j Trillador |

DTG-3

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA	
	CRIBA DE OSCILACION HORIZONTAL	
	T E S I S P R O F E S I O N A L	
	JOSE LEOBARDO SOLIS MORALES	ESC- \cup
	MIGUEL HERNANDEZ DE LA TORRE	NOV - 76



- | | | |
|--------------------|--------------------|----------------------|
| 1 Entrada de sorgo | 8 Motor | 15 Ventana plexiglas |
| 2 Manga de hule | 9 Salida impurezas | 16 Tapa |
| 3 Registro | 10 Iman | 17 Gasa protectora |
| 4 Chapa | 11 Salida gluma | 18 Cernedor vertical |
| 5 Contrapeso | 12 Regulador aire | 19 Granza |
| 6 Chapa | 13 Lámpara | 20 Sorgo limpio |
| 7 Bolas de goma | 14 Ventana vidrio | |

DTG-4

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA	
	CRIBA DE SUCCION VERTICAL	
	T E S I S P R O F E S I O N A L	
	MIGUEL HERNANDEZ DE LA TORRE	ESC-~
	LEOBARDO SOLIS MORALES	NOV-76

TABLA 5.8

Especificaciones de cribas oscilantes con cernidor vertical.

Código	A m ³	Medidas en milímetros					G Ton/hr	HP	Peso		V m ³
		Chapas		Medidas exteriores					C.E.	S.E.	
		a	l	a	l	h					
OCC	60	630	1000	1040	1620	1050	3.6	1.5	400	500	2
OSD	80	800	1000	1210	1620	1050	4.8	1.5	500	610	2.4
OSZ	100	1000	1000	1410	1620	1050	6.0	2.0	615	730	2.9
OZB	125	1250	1000	1660	1620	1050	7.5	2.5	740	880	3.5
OZL	130	1250	1000	1800	1620	1050	10.0	3.0	790	930	3.7
OZS	135	1350	1000	2000	1620	1050	12.0	4.0	825	980	4.0
OZM	147	1400	1000	2100	1620	1050	14.2	4.5	890	1080	5.0

G Rendimiento horario

A Aire necesario

V Volumen ocupado

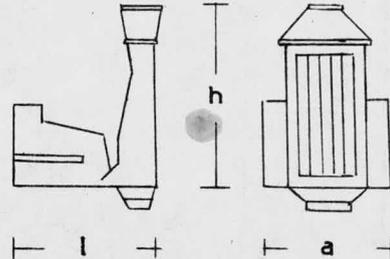


Tabla 5.9
Características de Cribas

Características	Criba "Liang"	Criba "Eureka"
Rendimiento de cereal	12 Ton/hr	12.75 Ton/hr
Potencia requerida	4 HP	10 HP
RPM	3700	1460
<u>Superficie de cribado</u>		
Largo	1000 mm	1000 mm
Ancho	1350 mm	2200 mm
<u>Medidas exteriores</u>		
Ancho	1700 mm	2800 mm
Largo	1400 mm	2900 mm
Altura	1050 mm	2300 mm
<u>Chapas</u>		
Número	2	3
Dimensiones (in)	5/64 x 3/4'	1/4''
	10/64 x 3/4'	5/8 x 3/4'
		5.5/64 x 3/4'
Inclinación	20°	30 - 40°

' _ Perforación oblonga

'' _ Perforación circular arreglo triangular

5.- SECADOR.

Considerando el espacio, capacidad del secador, condiciones atmosféricas de la Ciudad de México; encontramos que un secador tipo Zig-Zag es el adecuado para las necesidades de nuestro sistema desde el punto de vista económico y funcional.

El secador tiene una capacidad para secar 450 Bushels por hora (equivalentes a 11.5 Ton/hr de sorgo, considerando el peso volumétrico promedio).

Esta operación de secado con calor adicional, se utiliza para mejorar la eficiencia de los sistemas de secado por aire sin calor. Presenta la siguientes ventajas:

1.- Se puede secar sin tomar en cuenta las condiciones atmosféricas.

2.- Período de secado relativamente más corto.

3.- Alta capacidad funcional.

Desventajas:

1.- Posibilidad de calentar el grano en exceso lo -- que implica demasiada sequedad y pérdida de calidad, si se descuida la operación; y por lo tanto disminuye el peso de comercialización.

2.- En casos extremos, los granos se parten y resquebrajan durante el manipuleo.

3.- Mayores costos iniciales de equipo.

4.- Es necesaria una supervisión más cuidadosa por el peligro de combustión espontánea.

Equipo de secado.- Para secar el grano con calor adicional, es suficiente una estructura para encerrar el grano, un ventilador y un sistema de distribución de aire. - Además, se necesita una unidad calefactora (Figura 4.1).

El gas natural constituye una fuente de calor satisfactoria, los quemadores no son caros y el costo de operación es razonable y se pueden instalar controles simples y económicos para interrumpir la provisión de gas automáticamente en caso de incendio o de falla en los ventiladores.

Secuencia de operación.- Se llena la sección superior descargando directamente de la tolva de sorgo húmedo, se enciende la unidad calefactora previamente accionados los abanicos hasta que el aire alcance una temperatura de 60°C por medio de un control automático; en ésta sección permanece por aproximadamente 120 minutos. En esas condiciones pasa a la sección de atemperado donde el grano permanecerá un promedio de 30 minutos con el propósito de que la humedad se uniformice. En éste punto se hacen las pruebas necesarias para conocer la efectividad del secado y se transporta a un silo donde será almacenado.

En el diagrama DTG-5, se presentan los detalles técnicos y las dimensiones del secador.

25.07

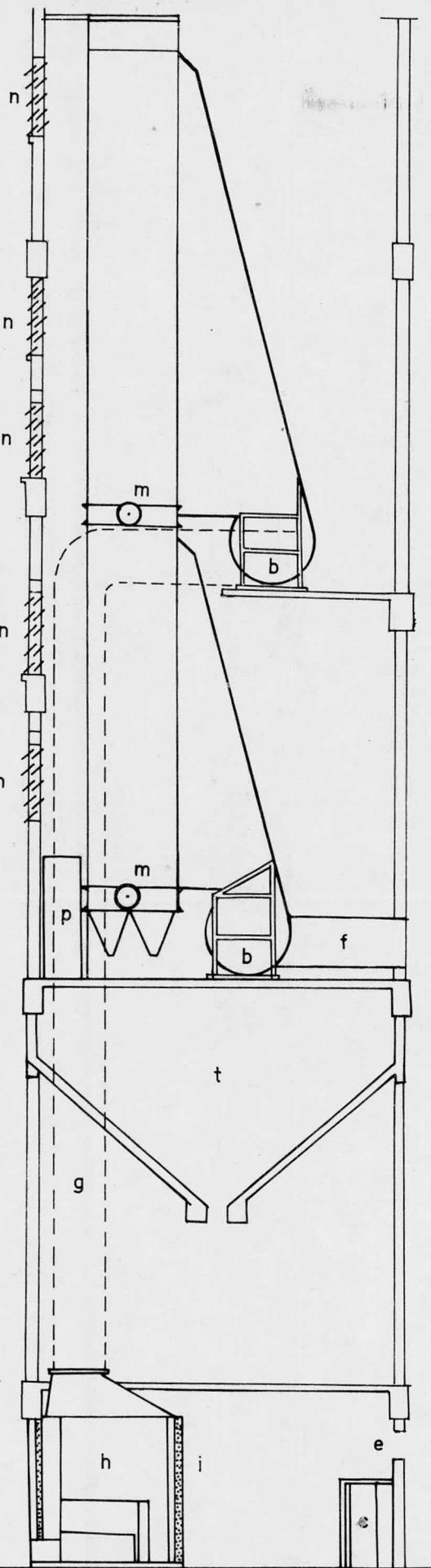
24.47

15.8

9.50

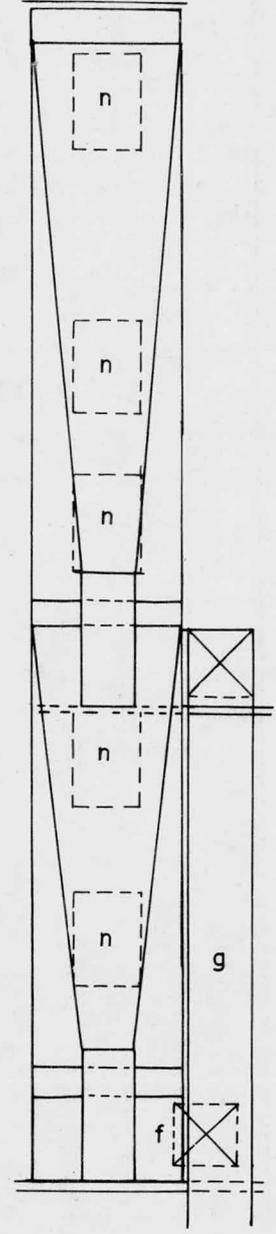
3.00

0.00



Zona de Secado

Zona de Atemperado



- b Abanico
- h Horno
- t Tolva
- n Persiana
- m Compuerta
- e Extractor
- p Puerta
- s Entrada de Sorgo Humedo
- c Tablero de Control
- g Ducto de Aire Caliente
- f Ducto de Aire Ambiente
- i Aislamiento

DTG-5

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA	
	SECADOR RANDOLPH	
	TESIS PROFESIONAL	
	MIGUEL HERNANDEZ DE LA TORRE	ESC-~
JOSE LEOBARDO SOLIS MORALES	NOV-76	

5.- COLECCIONES.

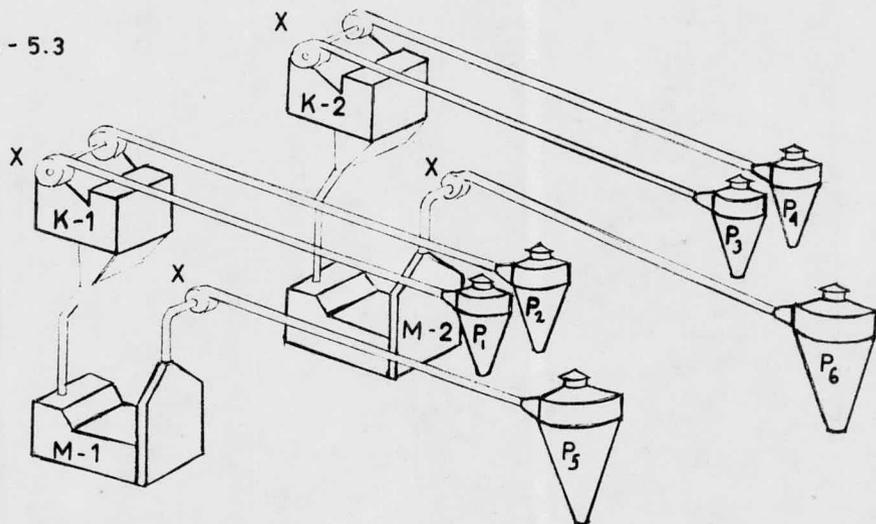
De acuerdo al estudio efectuado en el dimensionamiento de cribas, cada una está provista de dos abanicos extractores de aspas semirectas laterales, por medio de las cuales se van a separar los materiales que se descen, dependiendo de la densidad del material a separar y la presión de succión de cada abanico extractor. Para evitar -- que estos materiales se proyecten a la atmósfera, es necesario separarlos mecánicamente del aire donde van mezclados, con el propósito de recuperar los materiales deseables y a la vez para evitar la contaminación atmosférica. Esta separación la vamos a efectuar por medio de ciclones.

Considerando nuestro diagrama de flujo (DTG-1), tenemos dos crinas Eureka (oscilación horizontal) que están alimentadas directamente de las tolvas y en el piso de -- abajo están dos cribas Niagara (succión vertical). Por lo -- tanto, el arreglo de ciclones lo tendríamos de acuerdo a -- la Figura 5.3.

Selección de ciclones.- Los ciclones se seleccionaron tomando en cuenta el tamaño promedio de partícula que trabajan (en micrones) y el rango de colección de polvos (concentración en grs/os/ft³). Un arreglo de ciclones en cuanto a sus dimensiones lo tenemos en la Figura 5.4. En nuestro caso, con ese arreglo se obtienen altas eficiencias.

Tomando en consideración el balance de material (--- 0.152 Ton/hr para las impurezas ligeras y polvo, 1.234 -

FIG - 5.3

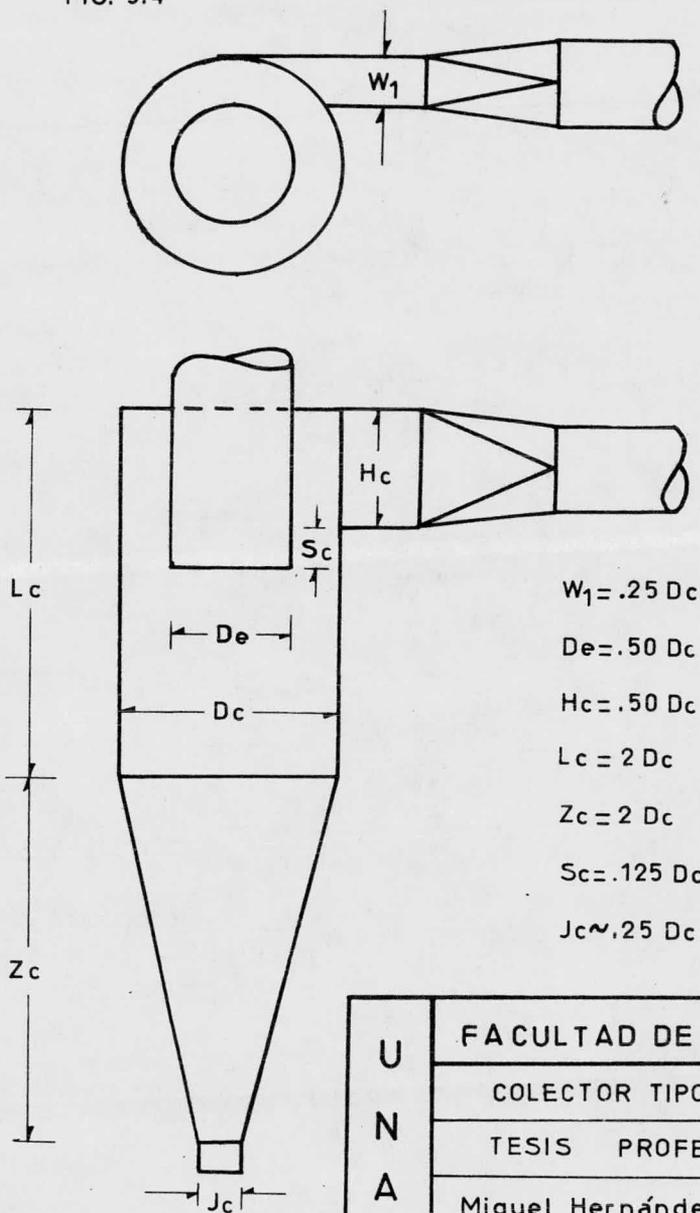


Distribución de equipo

- K Criba de oscilación horizontal
- M Criba de oscilación vertical
- P Ciclón
- X Extractor

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA
	AREA DE CRIBADO
	TESIS PROFESIONAL
	Miguel Hernández de la T. J. Leobardo Solís Morales

FIG. 5.4



$$W_1 = .25 D_c$$

$$D_e = .50 D_c$$

$$H_c = .50 D_c$$

$$L_c = 2 D_c$$

$$Z_c = 2 D_c$$

$$S_c = .125 D_c$$

$$J_c \sim .25 D_c$$

U N A M	FACULTAD DE QUIMICA
	COLECTOR TIPO CICLON
	TESIS PROFESIONAL
	Miguel Hernández de la T.
	J. Leobardo Solís Morales

Ton/hr de grasas) nos va os a tabulaciones obtenidas de -- resultados empíricos para seleccionar el tipo adecuado de ciclones tomando en cuenta las siguientes características:

a) Rango de colección de polvos (concentración en granos/ft³).-- En los sistemas de colección para las cribas de oscilación horizontal, esto va a ser muy variable; considerando el balance de material a una eficiencia del 85%, la cantidad total a recuperar es de 0.152 Ton/hr, -- equivale a 16 granos/ft³ a una velocidad promedio de entrada del ciclón de 2500 ft/min, una velocidad promedio de salida de 300 ft/min, a una concentración de 3.92 granos/ft³ total para nuestros sistemas.

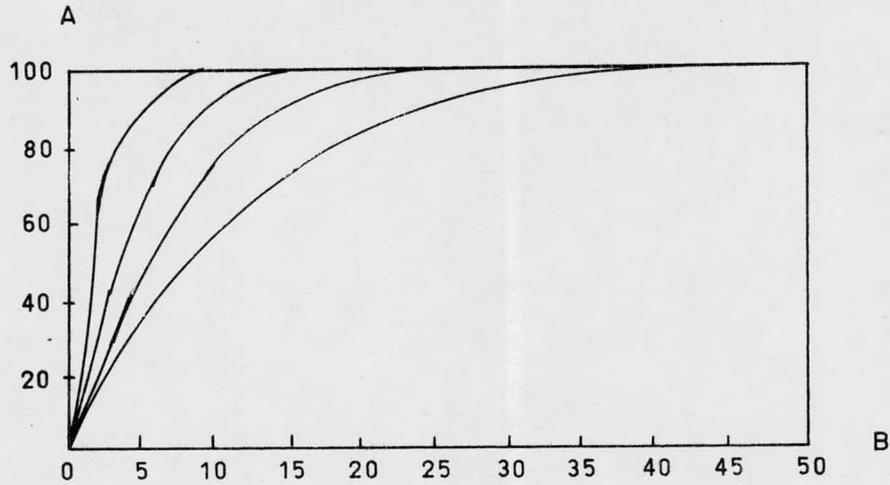
En base a esos datos, se obtuvo la tabla No. 5.10 -- con las características para los ciclones 1,2,3 y 4, desglosando en forma individual las condiciones de operación.

b) Tamaño de partícula.-- En la gráfica No. 5.2, tenemos varias curvas de eficiencia para ciclones separadores de polvo basados en la velocidad terminal. Podemos observar que la eficiencia es baja (85%) para tamaños de partícula inferiores a 20 micrones (1 micrón = 1/1000 mm), pero para fines prácticos, ese tamaño de partícula es despreciable. En nuestro sistema consideramos un tamaño promedio de partícula fina de 100 micrones basandonos en datos empíricos.

c) Condiciones de operación del sistema de colección de polvos.-- El gas con partículas suspendidas entra tangencialmente en la sección cilíndrica o cónica de la unidad y se forma un espiral que tiende a ser forzado al



GRAFICA 5.2



A Eficiencia (%)

B Tamaño de partícula (micrones)

U
N
A
M

FACULTAD DE QUIMICA

Eficiencia para ciclones

TESIS PROFESIONAL

Miguel Hernández de la T.

Leobardo Solís Morales

TABLA 5.10

Características de los ciclones 1,2,3 y 4

Ciclón No.	D _c ft	Velocidad de Entrada ft/min	Area de Entrada ft ²	Gasto Volumétrico ft ³ /min	conc. a Entada Granos/ft ³	Gasto Colección Ton/hr	Velocidad de Salida ft/min	Conc. a Salide Granos/ft ³	Gasto masico no colectado Ton/hr
1	6.67	1799	1.39	2500	4.57	0.045	300	0.98	0.0095
2	6.67	1799	1.39	2500	4.57	0.045	300	0.98	0.0095
3	6.67	1799	1.39	2500	4.57	0.045	300	0.98	0.0095
4	6.67	1799	1.39	2500	4.57	0.045	300	0.98	0.0095
				TOTAL:	18.28	0.180		3.92	0.038

El gasto másico de colectado = 0.180 Ton/hr trabajando a una eficiencia del 85% debido al bajo promedio de partícula obtendremos 0.152 Ton/hr de polvo y materiales ligeros, de acuerdo al balance de materia

materiales más pesados a suspenderse en las paredes. Los sólidos tienden a deslizarse hacia abajo de la pared. Todo éste trabajo se realiza a temperatura ambiente.

d) Relaciones de flujo y área.- En un ciclón, el flujo del gas involucra un doble remolino, un espiral de gas a la salida hacia abajo y un espiral hacia arriba en la entrada. Cuando el gas entra al ciclón, su velocidad sufre una redistribución de manera que el componente tangencial de velocidad se incrementa al disminuir el radio, expresado como:

$$\text{Velocidad} = r^{-n}$$

Donde:

$n = 1$ Teóricamente (sin considerar fricciones de pared).

$n = 0.5$ a 0.7 (en mediciones reales)

Para un flujo volumétrico de aire, la eficiencia de colección depende del área y es independiente de la altura. La altura debe ser lo suficientemente grande de manera que la velocidad del gas en la cámara no cause la reentrada del polvo separado.

Para evitar ésto, se deben considerar las siguientes normas:

1.- Seleccionar el diámetro externo para darle una salida que no sea mayor en su velocidad de 600 ft/min.

2.- Debido a las condiciones usuales de caída de presión limitada, el rango de velocidades de entrada es de 1000 a 4000 ft/min.

3.- Seleccionar el diámetro D_c tomando en cuenta las

siguientes consideraciones:

- a) Los diámetros mayores reducen la caída de presión.
- b) Los diámetros pequeños tienen más alta eficiencia de colección para las mismas condiciones de entrada y caída de presión.

Características de los ciclones 5 y 6.- En los sistemas de extracción de aire y glumas de las cribas de succión vertical es donde propiamente separamos las glumas del sorgo. Esta operación se efectúa a una velocidad promedio de 3182 ft/min con una área de entrada a los ciclones de 1.1 ft² con lo que obtenemos un gasto volumétrico de 3500 ft³/min. A ésta velocidad podemos extraer las glumas que tienen una densidad promedio de 25.6 Kg/Hl y debido al tamaño de partícula que excede a los 100 micrones - obtenemos eficiencias del orden del 98% efectuándose una separación libre de las impurezas ligeras indeseables que se obtienen en los ciclones 1, 2, 3 y 4.

Las características de operación de los ciclones 5 y 6 se muestran en la tabla No. 5.11.

TABLA 5.11

Características de los ciclones 5y6

Ciclón No.	D _c ft	Velocidad de Entrada ft/min	Area de Entrada ft ²	Gasto Volumétrico ft ³ /min	Conc. a Entrada Granos/ft ³	Gasto Colección Ton/hr	Velocidad de Salida ft/min	Conc. a Salida Granos/ft ³	Gasto másico no coleccionado Ton/hr
5	5.7	3182	1.1	3500	26.60	0.629	370	0.26	0.0035
6	5.7	3182	1.1	3500	26.60	0.629	370	0.26	0.0035
TOTAL:						1.258		0.52	0.007

El gasto másico recuperado es igual a 1.258 Ton/hr. Trabajando a una eficiencia del 98 %. Debido al alto tamaño relativo de partícula obtendremos 1.234 Ton/hr = 26 Ton/día de glumas de acuerdo al balance de materia.

7.- TOLVAS.

En el dimensionamiento de tolvas para cereales debemos de tener en cuenta una base de semialmacenaje en un tiempo fijo, con el objeto de poder dar fluidez a los diversos pasos que se llevan a cabo durante el proceso. Hemos tomado distintos tiempos de almacenaje (T.A.) atendiendo a la necesidad que existe para movilizar los diversos productos que estamos manejando.

Primera mente se estima el volumen real junto con el volumen de diseño que viene a ser la base fundamental en el dimensionamiento de tolvas.

$$V_r = M/V_p$$

$$V_d = 1.15 V_r$$

Donde:

V_r __ Volumen real

V_d __ Volumen de diseño

M __ Peso del material acumulado

V_p __ Peso volumétrico (datos prácticos)

Cálculos para la tolva No. 1:

De la tabla No. 5.12, tenemos como datos iniciales:

$$T A = 1 \text{ hr}$$

$$V_p = 72 \text{ Kg/Hl}$$

Con ayuda del diagrama de flujo podemos calcular M .

$$M = 50\ 000 \text{ Kg/hr} \times 1 \text{ hr}$$

$$M = 50\ 000 \text{ Kg}$$

Ahora bien, el volumen real y el de diseño serán:

$$V_r = 50\ 000 \text{ Kg} / 72 \text{ Kg/Hl}$$

$$V_r = 69.44 \text{ m}^3$$

$$V_d = 1.15 V_r$$

$$V_d = 79.89 \text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen de diseño, debemos tomar en cuenta otro factor determinante, que es el "ángulo de reposo", que para el caso específico del sorgo es de 35° . Ahora bien, aumentando dicho valor en un 23% obtenemos el ángulo de descarga que viene a ser de 45° .

Dimensionamiento de la tolva No. 1.- Se eligieron -- tolvas de forma paralelepípeda con terminación piramidal. Las medidas de la sección paralelepípeda están limitadas por la dimensión de los equipos que estarán instalados sobre las mismas.

De la tabla No. 5.12, tenemos dato de volumen de diseño, y dando dimensiones a la sección paralelepípeda tenemos:

$$V_d = 79.86 \text{ m}^3$$

$$l = 5 \text{ m}$$

$$a = 5 \text{ m}$$

$$h_p = 2 \text{ m}$$

Donde:

V_d __ Volumen de diseño

l __ Largo

a __ Ancho

h_p __ Altura de la sección paralelepípeda

El área de la base de la sección paralelepípeda viene dado por la relación:

$$A_B = l \times a$$

$$A_B = 25 \text{ m}^2$$

El volumen de la sección paralelepipedada se calcula - por medio de la siguiente relación:

$$V_1 = A_B \times h_p$$

$$V_1 = 25 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}$$

$$V_1 = 50 \text{ m}^3$$

El volumen total de la tolva es dado por el volumen_ de ambas secciones mediante la relación siguiente:

$$V_d = V_1 + V_2$$

Donde:

V_d — Volumen total necesario (Volumen de diseño)

V_1 — Volumen de la sección paralelepipedada

V_2 — Volumen de la sección piramidal

Asi tenemos que el volumen de la sección piramidal - sera:

$$V_2 = V_d - V_1$$

$$V_2 = 79.86 \text{ m}^3 - 50 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 29.86 \text{ m}^3$$

La altura de la sección piramidal se estima por la - relación:

$$h_p = 3 V_2 / A_B$$

$$h_p = 3 \times 29.86 \text{ m}^3 / 25 \text{ m}^2$$

$$h_p = 3.58 \text{ m}$$

De consideraciones geométricas tenemos que el ángulo

de vaciado para éste tipo de tolvas viene dado por la relación:

$$\tan \theta = H_p / 0.51$$

$$\tan \theta = 3.58 \text{ m} / 0.5 \text{ (5m)}$$

$$\tan \theta = 1.43$$

$$\theta = 55.09^\circ$$

Como podemos observar, el ángulo de diseño resultó ser mayor que el ángulo de descarga (45°), esto siempre debe verificarse en el dimensionamiento de tolvas destinadas a almacén de cereales.

El ángulo de diseño juega un papel importante, ya -- que de esto depende la modificación o aprobación de las -- medidas de la sección paralelepípeda y en última instancia las de la sección piramidal.

Siguiendo la misma secuencia de cálculo se llegó a la tabla 5.12, que especifica las dimensiones de cada tolva en nuestro estudio.

Tabla 5.12
Dimensiones de Tolvas

Tolva	Producto	Peso acumulado		Vp	Vr	Vd
		T.A (hr)	Kgs.	Kg/HL	m ³	m ³
1	Sorgo de cosecha	1	50 000	72	69.44	79.86
2	Sorgo de cosecha	1	50 000	72	69.44	79.86
3	Sorgo húmedo	1	20 000	75	26.66	30.66
4	Sorgo sucio	2	30 400	72	42.2	48.53
5	Sorgo sucio	2	30 400	72	42.2	48.53
6	Sorgo seco	1	16 800	72	23.33	26.83
7	Granza	2	26 280	70	37.5	47.12
8	Sorgo limpio	2	31 740	76	41.7	47.95
9	Gluma	8	9 870	26.4	37.3	42.89
10	Polvo	24	3 690	17.2	21.4	24.61

Donde:

T.A. — Tiempo de acumulación

Vp — Peso volumétrico

Vr — Volumen real

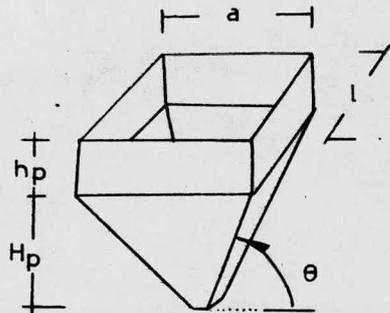
Vd — Volumen de diseño

Continuación de la Tabla 5.12
Dimensiones de Tolvas

Largo	Ancho	A_B	hp	Hp	θ
m	m	m^2	m	m	(grados)
5	5	25	2	3.58	55.09°
5	5	25	2	3.58	55.09°
4	3	12	1.5	3.16	57.75°
4	4	16	2	3.09	57.18°
4	4	16	2	3.09	57.18°
3.5	3	10.5	2	1.66	47.02°
4	4	16	2	2.83	54.7°
4	4	16	2	2.99	56.3°
4	3	12	2	4.72	67.16°
3	3	9	1.5	3.7	67.8°

Donde:

- A_B — Area de la base
- hp — Altura de la sección paralelepípeda
- Hp — Altura de la sección piramidal
- θ — Angulo de descarga



C A P I T U L O V I

ESTUDIO ECONOMICO

- 1.- Activo fijo
- 2.- Costos de manufactura
- 3.- Ventas y utilidades

ESTUDIO ECONOMICO

El proceso de obtener el sorgo libre de impurezas li
geras, polvo y glumas, se ha estado llevando a cabo desde
hace aproximadamente seis años. para la producción de "Fi
no Real" y por otro lado, obtener alimentos balanceados -
para aves y ganado. De éstos trabajos se ha obtenido una_
alta rentabilidad para los inversionistas, para lo cual -
fué necesario hacer anticipadamente el estudio económico_
correspondiente. Con el trabajo que hemos realizado, se -
pretenden incrementar los beneficios desde el punto de --
vista de la calidad de los materiales que se producen y_
por otro lado, incrementar los beneficios económicos al -
vender la gluma que se utilizará como materia de formula-
ción para alimentos balanceados para aves y ganado.

En resumen, el objetivo es obtener dos primordiales_
beneficios: mejorar la calidad de los productos que traba_
jamos y aumentar los beneficios económicos en la forma --
que se expresa, considerando únicamente el aumento de --
activo fijo, costos de manufactura y gastos generales.

En el presente trabajo, consideramos únicamente los_
costos adicionales que se produjeron con la modificación_
de los equipos, los beneficios que se obtuvieron y la re-
cuperación de inversión.

1.- ACTIVO FIJO

Para efectuar la recuperación de las glumas del sorgo, será necesario instalar los siguientes equipos adicionales:

- 1) 4 transportadores de gusano.
- 2) 1 elevador (transportador de cangilones).
- 3) 2 cribas de oscilación circular con succión vertical.
- 4) 2 extractores con motor de 7.5 H.P.
- 5) 2 colectores tipo ciclón.
- 6) 1 tolva para gluma.

Costo de transportadores de gusano:

<u>Longitud</u>	<u>Diámetro</u>	<u>Costo/unidad</u>	<u>No. Transp.</u>	<u>Costo</u>
113.31 ft	14"	¢ 61 682	1	¢ 61 682
127.9 ft	14"	\$ 70 191	1	\$ 70 191
59.01 ft	14"	¢ 22 548	1	¢ 22 548
16.39 ft	14"	¢ 11 010	1	¢ 11 010
Total:				¢ 165 431

Actualizando costos por índices de M & S eneros:

$$C_{77} = C_{73} \frac{I_{77}}{I_{73}}$$

$$C_{77} = \$ 165 431 \times \frac{472.1}{321.3}$$

$$C_{77} = \$ 243 075$$

Costo de un elevador (transportador de cangilones).

<u>Altura</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Costo</u>
131.12 ft	2360 Bsh/hr	\$ 88 408

Actualizando costos tenemos:

$$C_{77} = \$ 88\ 408 \times \frac{472.1}{321.1}$$

$$C_{77} = \$ 129\ 901$$

Costo de las cribas de oscilación circular con succión vertical:

<u>Marca</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Tipo</u>	<u>Costo</u>	<u>No.</u>	<u>Total</u>
Mag	12 Ton/hr	Oscilación circ.	\$ 70525	2	\$ 141 050

succión vertical

Actualizando costos tenemos:

$$C_{77} = \$ 141\ 050 \times \frac{472.1}{321.1}$$

$$C_{77} = \$ 207\ 250$$

Costo de extractores:

<u>Capacidad</u>	<u>Tipo</u>	<u>Costo/unidad</u>	<u>No.</u>	<u>Costo</u>
4000 ft ³ /min	Centrifugo	\$ 6 075	2	\$ 12 150

Actualizando costos tenemos:

$$C_{77} = 12\ 150 \times \frac{472.1}{187.0}$$

$$C_{77} = \$ 30\ 673$$

Costo de colectores:

<u>Capacidad</u>	<u>Tipo</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>No.</u>	<u>Total</u>
4000 ft ³ /min	Ciclón	\$ 10 125	2	\$ 20 250

Actualizando costos tenemos:

$$C_{77} = \$ 20\ 250 \times \frac{472.1}{187.0}$$

$$C_{77} = \$ 51\ 123$$

Costo por edificación de una tolva con material y mano de obra para separar la gluma:

Especificaciones:

$$l = 4 \text{ mts.}$$

$$a = 3 \text{ mts}$$

$$a_t = 32 + 40.3 = 72.3 \text{ mts}^2 \times \$ 275/\text{mt}^2$$

$$V_d = 42.89 \text{ m}^3$$

$$h_p = 2 \text{ m}$$

$$H_p = 4.72 \text{ m}$$

$$H_t = 6.72 \text{ m}$$

Costo total de la tolva incluyendo materiales y mano de obra:

$$\$ 24\ 020$$

Costo total de la compra de equipo:

$$4 \text{ transportadores de gusano} \dots\dots\dots \$ 243\ 075$$

$$1 \text{ elevador (transp. de congilonos)} \dots\dots \$ 129\ 901$$

$$2 \text{ cribas} \dots\dots\dots \$ 207\ 250$$

$$2 \text{ extractores} \dots\dots\dots \$ 30\ 675$$

$$1 \text{ tolva para separar gluma} \dots\dots\dots \$ 24\ 020$$

$$2 \text{ colectores} \dots\dots\dots \$ 51\ 123$$

$$\text{Total: } \$ 686\ 044 \dots(1)$$

Costo de intalación de equipo:

$$686\ 044 \times 0.25 = \$171\ 510 \dots\dots\dots(2)$$

Costo de compra e instalación de tubería:

$$686\ 044 \times 0.08 = \$ 54\ 853 \dots\dots\dots (3)$$

Costo de auxiliares eléctricos (motores, arrancadores, alambrado, etc.) :

$$686\ 044 \times 0.15 = \$ 102\ 906 \dots\dots\dots (4)$$

Modificaciones para contar con servicios públicos:

$$686\ 044 \times 0.05 = \$ 34\ 302 \dots\dots\dots (5)$$

Costo físico de los equipos aumentados a la planta:

$$(1) + (2) + (3) + (4) + (5) = \$ 1\ 049\ 613 \dots\dots (6)$$

Más costo de ingeniería y construcción:

$$\$ 1\ 049\ 613 \times 0.25 = \$ 262\ 403 \dots\dots\dots (7)$$

Sumando (6) + (7), obtenemos el costo directo de los equipos aumentados a la planta:

$$\$ 1\ 312\ 016$$

Más maniobras de contratistas (10%):

$$\$ 131\ 202 \dots\dots\dots (8)$$

Más contingencias (15%):

$$\$ 196\ 802 \dots\dots\dots (9)$$

Sumando el costo directo de los equipos aumentados a la planta a (8) + (9), obtenemos el costo fijo de equipo_ (activo fijo):

$$\underline{\$ 1\ 640\ 020}$$

2.- COSTOS DE MANUFACTURA..

En éste punto, no consideramos el costo de materia prima, en virtud de que estaría integrado en el estudio económico del proceso de la li. pieza del sorgo, que es in

dependiente del estudio económico que realizamos.

Mano de obra.- Se incrementa el personal obrero, una persona por turno con un salario de \$ 5 000/mes, lo cual nos da un total de \$ 15 000/mes más un 50% adicional de sus salarios por concepto de prestaciones obtenemos:

Costo por salario de operarios	\$ 22 500
+ Mantenimiento a equipos (3%)	\$ 675
+ Refacciones y accesorios	\$ 677
+ Servicios públicos (corriente eléctrica) \$	1 200
<hr/>	
Total costos directos de manufactura:.....	\$ 25 050
Total costos indirectos de manufactura:...	\$ 5 000
<hr/>	
Total:	\$ 30 000

Costos fijos de manufactura.-

Depreciación	\$ 54 883
Seguros	\$ 6 860
<hr/>	
Total	\$ 61 743

El total de costos de manufactura, lo obtendremos su mando los costos por mano de obra más los costos fijos de manufactura:

	\$ 30 000
	+ \$ 61 743
<hr/>	
Total de costos de manufactura/mes	\$ 91 793

Gastos generales:

Incremento de costos administrativos	\$ 5 507
Ventas	\$ 9 179
Investigación	\$ 3 671
<hr/>	
Total de gastos generales	\$ 18 357

Sumando los gastos generales con los costos de manufactura tenemos:

Gastos generales/mes	\$ 18 357
Costos de manufactura/mes	\$ 91 793
Total	\$110 150

3.- VENTAS Y UTILIDADES.

La política de precios de venta la establece la compañía a razón de \$ 1000/ton de gluma que se venderá como cebada forrajera.

Por lo tanto, la producción la tenemos descrita en el balance de material y las ventas mensuales serán:

26 ton/día x \$ 1000/ton x 20 días/mes..	\$ 520 000/mes
Menos gastos de manufactura y gastos generales	\$ 110 150/mes
Utilidad antes de impuestos	\$ 409 850/mes
Menos impuestos	\$ 20 493/mes
Utilidad neta mensual	\$ 389 357
Utilidad neta anual	\$ 4 672 284

4.- TIEMPO DE RECUPERACION DE INVERSION.

Lo calculamos mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{A_f}{U_i r \times 0.1 A_f}$$

Donde:

T __ Tiempo de recuperación de inversión en años.

A_f __ Activo fijo; equivalente a \$ 1 640 020

U_i __ Utilidad obtenida por unidad de producción; se obtiene de la siguiente manera:

26 ton/día x 20 días/mes = 520 ton/mes.

Utilidad neta mensual es igual a \$ 339 357

Por lo tanto, la utilidad por unidad de producción será:

$$\frac{\$ 339 357}{520 \text{ ton.}} = \$ 748/\text{ton.}$$

r __ Ritmo de producción anual; lo obtenemos de la siguiente forma:

520 ton/mes x 12 meses/año = 6240 toneladas.

Sustituyendo los datos en la fórmula para calcular el tiempo de recuperación de inversión, tenemos:

$$T = \frac{1 640 020}{748 \times 6240 + 0.1 \times 1640 020} = 0.399 \text{ años}$$

Haciendo la conversión correspondiente, encontramos que el tiempo de recuperación de inversión es equivalente a 4.2 meses.

C A P I T U L O V I I

C O N C L U S I O N E S

C O N C L U S I O N E S

1.- Con la realización del presente trabajo se desean obtener dos beneficios capitales que son: el sorgo que se utilizará en el proceso de "Pino Real" libre de impurezas, con lo que consecuentemente aumenta su calidad y, separar las glumas que tienen un valor nutritivo semejante a la cebada forrajera.

2.- Se podrán obtener altos beneficios económicos en virtud de que la inversión en activo fijo se recuperará en menos de cinco meses y se aprovecha un material que anteriormente se desperdiciaba.

3.- Se reduce la contaminación atmosférica por concepto de polvos de bajo tamaño promedio de partícula, al aumentar la eficiencia de los colectores.

4.- El hecho de utilizar relativamente pocos equipos para una planta de alta capacidad, implica una baja inversión en activo fijo.

5.- En el área de cribado, el aprovechamiento de energía eléctrica en un 95 % como energía mecánica, nos dá altas eficiencias en el proceso.

6.- El proceso está diseñado de tal forma que puede adquirir versatilidad de continuo a semicontinuo o batch.

7.- En cuanto a tiempos y movimientos, el contar con semialmacenamientos (tolvas) de diferente capacidad, nos permite movilizar 4 productos diferentes sin detener la continuidad del proceso.

8.- La importancia adquirida por los subproductos del sorgo como complemento fundamental de muchos productos alimenticios para aves y ganado, rinde ganancias económicas - en cualquier proceso del que sean obtenidos, dado su bajo precio.

9.- El bajo costo para mantener el sorgo en óptimas condiciones para ser manipulado, dá como consecuencia disminución de gastos adicionales en aspectos como aereación del grano, fumigación, secado, etc.

10.- El significativo aumento de las cosechas de sorgo por su facilidad para ser sembrado en diversas épocas - del año, nos asegura un stock suficiente para la continuidad del proceso.

11.- La alta capacidad para descarga de furgones y camiones, reditua gastos mínimos por concepto de demoras en fletes.

12.- Por todas las razones expuestas anteriormente, - concluimos que el proceso nos rendirá beneficios económicos aunados a la calidad de los productos terminados.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aries & Newton
Chemical Engineering Cost Estimation
Mc. Graw Hill Book Company
1955
- 2.- Burroughs Equipment Company
Catalog No. 16
1971
- 3.- Edwin Williams & Curtis Johnson
Stoichiometry for Chemical Engineers
Mc. Graw Hill Book Company
1970
- 4.- Harry B. Pfost Ph. D. & Carl E. Swinchart
Feed Manufacturing Technology
American Feed Manufacturers Association
1969
- 5.- John H. Perry
Chemical Engineers Handbook
Mc. Graw Hill Book Company
1975
- 6.- K. Nieten & C.G. Vervey
Ciclones in industry
Elvier Publishing Company
1961

- 7.- Lassuet Grau Vicente
La lucha contra el polvo en la industria
Editorial Cedel
1970
- 8.- Ocon García y Tojo Barreiro
Problemas de Ingeniería Química (V-II)
Editorial Aguilar
1972
- 9.- Robert E. Treybal
Mass transfer operations
Mc. Graw Hill Book Company
1968
- 10.- Wall & Ross
Producción y usos del sorgo
Editorial Hemisferio Sur
1975
- 11.- Warren L. McCabe & C. Smith J.
Operaciones básicas de Ingeniería Química (V-II)
Editorial Reverte
1969
- 12.- Adelantos de la ciencia agrícola en México
Informe del trienio (63, 64, 65)
S. A. G. México
- 13.- Cultivo del sorgo
Secretaría de Recursos Hidráulicos
Memorandum técnico No.216
1964

- 14.- El cultivo del sorgo en el valle del Yaqui
Boletín No. 18
CIANO
- 15.- El riego y los sorgos de grano
Secretaría de Recursos Hidráulicos
Memorandum Técnico No. 201
1963
- 16.- Plan Nacional Agrícola y Ganadero
Etapa 1963 - 70
S. A. G. México
- 17.- Selección y cálculo de transportadores de gusano
Wirs y Machuca
Catálogo No. 1
1968
- 18.- Sorgos forrajeros para el valle de Mexicali
Boletín No. 17
CIANO
- 19.- Sorgo para grano en la región de Matamoros
Boletín No. 10
CIANO