

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL
EN LA INDUSTRIA ARROCERA DE GUATEMALA

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LORGIA RODRÍGUEZ MONTENEGRO DE ESCOBAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(4178)
C.4

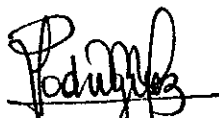
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA
ARROCERA DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.



LORGIA RODRIGUEZ MONTENEGRO DE ESCOBAR

Guatemala, noviembre de 1,997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL PRIMERO: Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO: Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO: Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO: Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL QUINTO: Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA: Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR: Ing. Adriano Dragotta Prado
EXAMINADOR: Ing. Jorge Peláez Castellanos
EXAMINADOR: Ing. José Ismael Vela Escobar
SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por ser mi creador, el amigo que nunca falla y la luz que guía mi camino. Gracias por haberme concedido alcanzar esta meta.

VIRGEN MARÍA

Bajo su manto siempre encuentro consuelo y descanso para proseguir y tener fuerzas para salir adelante.

MIS PADRES

Miguel Angel Rodríguez Rodríguez

Elsa Adelina Montenegro García

Gracias a su amor, comprensión, sacrificio y apoyo he logrado alcanzar mis metas.

MI ESPOSO

Pablo César Escobar García

Gracias por la ayuda, apoyo y motivación que me brindas en todo momento. Por ser lo más grande y hermoso que Dios me ha dado.

MIS HERMANOS

Ileana, Lissette y Miguel Angel

Por todo el amor que siempre nos ha unido.

MIS SOBRINOS

Jesé David, Danilo Armando, Juan Angel y

Elsa María

Por ser tan cariñosos y especiales. Dios los bendiga.

FAM. ESCOBAR GARCIA Y FAM. SALVATIERRA ESCOBAR

Por todo el apoyo y cariño que siempre me han brindado.

MI FAMILIA EN GENERAL

AGRADECIMIENTO ESPECIAL:

*ING. PABLO CÉSAR ESCOBAR GARCIA
POR TODA LA AYUDA Y CONSEJOS
PROPORCIONADOS PARA LA ELABORACIÓN Y
CULMINACIÓN DE ESTA TESIS.*

*ING. WALTER RAMIRO PASOS
COORDINADOR DE ARROZ DEL I.C.T.A.
POR TODA SU COLABORACIÓN*

*ING. CÉSAR AKÚ CASTILLO
ASESOR DE TESIS*

" GRACIAS "

Guatemala, 23 de Octubre de 1,997

Ing. Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad

Señor Director:

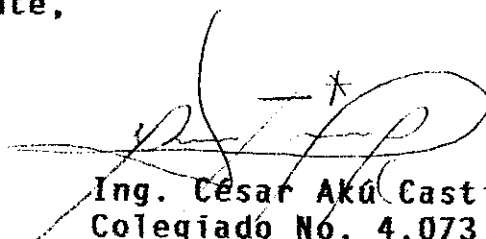
Por medio de la presente me dirijo a usted para someter a su consideración el trabajo de tesis de la estudiante LORGIA RODRIGUEZ MONTENEGRO DE ESCOBAR, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El trabajo en mención se titula APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA ARROCERA DE GUATEMALA. He asesorado y revisado el trabajo, y considero que llena satisfactoriamente los requisitos para su aprobación.

Es oportuno señalar que los conceptos y comentarios expuestos en el transcurso del trabajo son responsabilidad del autor, la que se extiende a mi persona al dar la aprobación al trabajo mencionado dada mi calidad de asesor.

Agradeciendo su atención a lo antes descrito, me suscribo.

Atentamente,

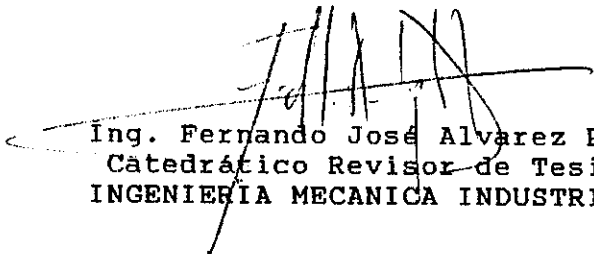

Ing. César Akú Castillo
Colegiado No. 4,073
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA ARROCERA DE GUATEMALA, presentado por la estudiante universitaria Lorgia Rodríguez Montenegro de Escobar, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Fernando José Álvarez Paz
Catedrático Revisor de Tesis
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, noviembre de 1997

emds

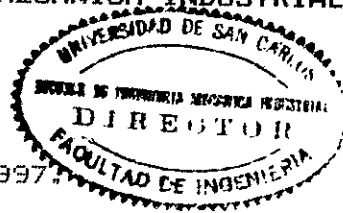


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área, del Coordinador General de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA ARROCERA DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Lorgia Rodríguez Montenegro de Escobar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

VERDAD Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, noviembre de 1,997.

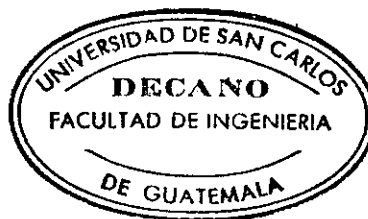


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado APLICACION DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL EN LA INDUSTRIA ARROCERA DE GUATEMALA, presentado por la estudiante universitaria Lorgia Rodríguez Montenegro de Escobar procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, noviembre de 1,997.

emds

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ILUSTRACIONES.....	IV
GLOSARIO.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	XI
OBJETIVOS.....	XII
CAPÍTULO 1. CULTIVO Y PRODUCCIÓN DE ARROZ	
1.1. Historia de la industria arrocera.....	1
1.2 Cultivo y descripción de la planta de arroz.....	4
1.2.1 Partes de la planta de arroz.....	5
1.2.2 Crecimiento y desarrollo de la planta.....	10
1.2.3 Fases fisiológicas del proceso de crecimiento.....	11
1.2.3.1 Fase vegetativa.....	11
1.2.3.2 Fase reproductiva.....	12
1.2.3.3 Fase de maduración.....	13
1.3 Recolección	
1.3.1 Epoca de cosecha.....	15
1.3.1.1 Condiciones de cultivo para la cosecha.....	15
1.3.1.2 Contenido de humedad.....	16
1.3.1.3 Contenido de materia seca.....	17
1.3.1.4 Germinación y vigor.....	17
1.3.1.5 Rendimiento y calidad molinera.....	17
1.3.1.6 Cuándo cosechar.....	17
1.3.2 Métodos de cosecha.....	18
1.3.2.1 Cosecha manual.....	19
1.3.2.2 Cosecha semi-mecanizada.....	20
1.3.2.3 Trilla con máquinas estacionarias.....	20
1.3.2.4 La trilla con máquina portátil.....	20
1.3.2.5 Cosecha mecanizada.....	20

II

1.4	Transporte.....	22
1.5	Almacenaje.....	23

CAPÍTULO 2. PROCESO INDUSTRIAL ACTUAL

2.1	Maquinaria y equipo.....	25
2.2	Distribución actual del molino de arroz.....	29
2.3	Proceso industrial.....	30
2.3.1	Secado.....	30
2.3.2	Almacenamiento.....	32
2.3.3	Limpieza.....	34
2.3.4	Separado.....	35
2.3.5	Descascarado.....	35
2.3.6	Separación de cáscara.....	37
2.3.7	Separación de paddy.....	37
2.3.8	Blanqueado.....	37
2.3.9	Pulido.....	38
2.3.10	Aspiración.....	39
2.3.11	Clasificación por categoría.....	39
2.4	Arroz precocido.....	39
2.4.1	Propiedades físicas del arroz precocido.....	40
2.4.2	Ventajas y desventajas de la precocción.....	41
2.4.3	Proceso del arroz precocido.....	42
2.5	Control de calidad del arroz.....	44
2.5.1	Aparatos estándar que determinan la calidad molinera del arroz.....	47
2.5.2	Términos utilizados en el proceso de molinería.....	48
2.5.3	Requisitos generales.....	50
2.5.4	Clasificación y distribución en grados.....	50

**CAPÍTULO 3. ANÁLISIS Y MEJORAS EN EL PROCESO INDUSTRIAL DE UN
BENEFICIO DE ARROZ**

3.1	Análisis del proceso industrial del arroz.....	56
3.2	Análisis y mejoras en la humedad del grano en la cosecha.....	57
3.3	Secamiento.....	60
	3.3.1 Sistema recomendado para el secamiento del arroz en cáscara.....	60
3.4	Almacenamiento.....	61
3.5	Mejoras en el proceso de pilado.....	62
	3.5.1 Separación de los procesos de arroz blanco y precocido.....	62
	3.5.2 Pre-limpiador de paddy.....	63
	3.5.3 Separador de piedras.....	65
	3.5.4 Descascaradora de arroz con aspirador.....	68
	3.5.5 Separador de paddy.....	70
	3.5.6 Blanqueador de arroz por esmeril.....	72
	3.5.7 Blanqueador de arroz tipo de fricción.....	75
	3.5.8 Clasificador de arroz.....	77
	3.5.9 Elevador de cangilones.....	79
3.6	Recomendación de la utilización del aspirador cilíndrico.....	82
3.7	Diagrama del proceso de arroz blanco en el molino nuevo.....	84
3.8	Mejoras adicionales que se pueden obtener en el molino de arroz precocido.....	85
3.9	Mejoras en el control de calidad.....	86
	3.9.1 Muestreo.....	86
	3.9.2 Métodos de prueba.....	87
	CONCLUSIONES.....	XIII
	RECOMENDACIONES.....	XV
	BIBLIOGRAFÍA.....	XVI
	ANEXO.....	XVIII

LISTA DE ILUSTRACIONES

No.	Figuras	Página
1	Partes de un renuevo primario y su renuevo secundario.	6
2	Partes componentes de una panoja.	7
3	Partes de una espiguilla.	8
4	Estructura de un grano.	9
5	Partes de un embrión en germinación.	9
6	Ciclo biológico de una planta de arroz.	11
7	Distribución actual del molino de arroz.	29
8	Secadora columnar de flujo continuo.	31
9	Silo vertical.	34
10	Ilustración seccional que muestra la construcción de la descascaradora.	36
11	Corte en el punto de descortezado de la descascaradora de arroz.	36
12	Proceso del arroz precocido.	43
13	Pre-limpiador de paddy.	64
14	Diagrama del pre-limpiador de paddy.	65
15	Separador de piedras.	66
16	Diagrama del separador de piedras.	67
17	Descascaradora de arroz con aspirador.	69
18	Diagrama de la descascaradora de arroz con aspirador.	69
19	Separador de paddy.	71
20	Diagrama del separador de paddy.	72
21	Blanqueador de arroz por esmeril.	73
22	Diagrama del blanqueador de arroz por esmeril.	74
23	Blanqueador de arroz tipo de fricción.	76

No.	Figuras	Página
24	Diagrama del blanqueador de arroz tipo de fricción.	77
25	Clasificador de arroz.	78
26	Diagrama del clasificador de arroz.	79
27	Elevador de cangilones.	81
28	Aspirador cilíndrico.	83
29	Diagrama del aspirador cilíndrico.	83
30	Diagrama del proceso de arroz blanco en el molino nuevo.	84

GLOSARIO

Aceplo

Acción y efecto de acopiar.

Acopiar

Juntar, reunir en cantidad alguna cosa. Dic. especie de granos, provisiones, etc.

Afrecho

Salvado. Cascarrilla o película que recubre el grano de los cereales y que se separa de la harina mediante el cernido.

Ahechar

Limpiar con criba el trigo u otras semillas.

Aminoácidos

Compuestos derivados de los ácidos orgánicos.

Aristas

Filamento áspero del cascabillo que envuelve el grano de trigo y el de otras plantas gramíneas.

Binlid

Arroz descascarado de un tamaño que va de menos de 1/2 a 1/4 de un grano entero.

Cangilones

Recipientes plásticos o metálicos en forma acanalada que almacenan todo tipo de granos por su forma.

VII

Cariópside

El fruto maduro de las plantas, en el que la cubierta de las semillas se adhiere firmemente al pericarpio.

Criba

Cualquiera de los aparatos mecánicos que se emplean en agricultura para cribar semillas.

Cribar

Limpiar el trigo u otra semilla, por medio de la criba, del polvo, tierra, neguilla y demás impurezas.

Pasan una semilla por la criba para separar las partes menudas de las gruesas.

Dehiscentes

Dic. del fruto cuyo pericarpio se abre naturalmente para que salga la semilla.

Era

Espacio de tierra limpia y firme, donde se trillan las mieses.

Espiguilla

Dim. de espiga. Inflorescencia racimosa simple.

Estilo

Columnita hueca o esponjosa, existente en la mayoría de las flores, que arranca del ovario y sostiene el estigma.

Flósculo

Una unidad de la espiguilla, que incluye la lema, la pálea y la flor encerrada.

VIII

Gramíneas

Fam. de plantas herbáceas. Dic. de las plantas parecidas a la grama o de los órganos semejantes a los de ésta.

Granza

Residuos que quedan de los cereales cuando se avientan y criban.

Higroscopicidad

Propiedad que poseen ciertos cuerpos de cambiar su aspecto al absorber vapor de agua.

Higroscópico

Que tiene higroscopicidad.

Lema

En el flósculo, la bráctea endurecida de cinco nervios, que encierra en parte a la pálea.

Lodículos

Las dos estructuras escamosas adheridas a la base de la pálea. Representan el perianto rudimentario (cáliz y corola). Los lodículos se hinchan en el momento de la floración y hacen que la lema y la pálea se separen durante poco tiempo.

Matraz

Vasija esférica de vidrio o cristal, terminada en un cuello largo, recto y angosto. Se emplea en los laboratorios químicos.

Palay

Arroz sin descascarar.

IX

Pálea

En el flósculo, la bráctea endurecida que consta de tres nervios y se inserta junto a la lema. Es similar a esta última, con nervaduras y un haz medio pero más estrecha y sin el nervio central en el dorso. Los otros dos nervios están cerca de las márgenes.

Panoja

Una inflorescencia determinada que ramifica en forma de racimos, lleva espiguillas pediceladas y florece a partir del ápice, hacia abajo.

Panícula

Capa, acumulación de tejido.

Radícula

La raíz primaria del embrión envainada en la coleorriza y la cubierta de la raíz, que persiste solamente poco tiempo después de la germinación.

Renuevo

La rama vegetativa que incluye normalmente las raíces, el tallo y las hojas pero, que puede o no desarrollar una panoja productiva. Los renuevos primarios se originan de los nudos más bajos del tallo principal. Los renuevos primarios dan origen a los secundarios y, estos últimos, a los terciarios. Todos los renuevos nacen en un patrón alterno.

Semilla

Organo diseminante que se forma a partir del primordio seminal. Contiene un embrión en estado de vida latente, una cubierta y un tejido nutricional más o menos desarrollado.

Senescencia

Calidad de senescente.

Senescente

Que empieza a envejecer.

Trilla

Acción de trillar, separar el grano de la paja.

Vaina

Túnica o cáscara tierna y larga en que están encerradas algunas simientes.

INTRODUCCION

El arroz es el producto alimenticio más importante del mundo. Cerca de 2,000 millones de personas lo tienen como principal alimento. La producción de arroz lleva aparejada una amplia red de molinos arroceros o beneficios de arroz que es donde se lleva a cabo el proceso sobre el cual se desarrolla el presente trabajo.

La elaboración del presente trabajo surge a partir de las nuevas situaciones por las que atraviesa la industria a nivel regional, a partir de las perspectivas y los avances concretos realizados alrededor de los procesos de integración. En este ámbito el flujo de arroz entre los países de la región, si bien actualmente no es de mucha importancia, puede tener perspectivas de expansión y de integración industrial que resulten beneficiosas para toda la región. Esto implica considerar un mayor mercado potencial que el meramente nacional.

Se describirá de manera general el cultivo del arroz, para continuar con el proceso que actualmente se realiza en la industria arrocera, desde el secado del arroz hasta que se encuentre listo para su empaque y comercialización, así como también la distribución de la planta, maquinaria necesaria y control de calidad. Con base en esto se procede a un análisis del proceso actual y a la implementación de las mejoras que se crean convenientes para tener una mayor calidad, rendimiento de la producción y una mayor participación en el mercado regional.

El contenido del trabajo tiene como objetivo el análisis y la implementación de mejoras, para alcanzar un control específico y estricto de las distintas áreas involucradas para una producción eficiente y de buena calidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

1. Describir como se realiza el proceso industrial actual del arroz en Guatemala, mediante el estudio de los aspectos más importantes que intervienen en el mismo, y realizar las mejoras posibles en una planta de proceso industrial de arroz.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Describir todos los aspectos importantes que intervienen en el proceso actual de industrialización del arroz.
2. Realizar un análisis objetivo del proceso actual, definiendo claramente la situación en la que se encuentran los beneficios arroceros, en lo que se refiere al proceso, maquinaria, control de calidad, etc.
3. En base a estudios e investigaciones, poder realizar mejoras que lleven a mayor capacidad de producción.
4. Conocer la maquinaria que se utiliza actualmente para poder tener un proceso rápido y eficiente.

1. CULTIVO Y PRODUCCION DE ARROZ

1.1 Historia de la industria arrocera

Entre los países de América Latina se observan sensibles diferencias de los consumos promedios de arroz, en la década de los 50' Guatemala presentaba un nivel de consumo de arroz comparativamente bajo, pero, en el período 1,960 - 1,980 el consumo total experimentó un crecimiento significativo, por los efectos combinados de crecimiento de la población y del consumo promedio.

Producto de un rápido proceso de urbanización registrada en el período 1,965 - 1,980, motivó un crecimiento significativo del abastecimiento y consumo de productos alimenticios con valores agregados de procesos agroindustriales, tales como aceites refinados y envasados, mantecas y margarinas, productos de panadería y pastas, arroz oro, productos lácteos elaborados y varios otros. En atención a su importancia en la composición del gasto de las familias de la población asalariada, las variaciones de los precios de estos productos repercute sensiblemente en el índice de costo de vida y en el consumo. El Sistema Alimentario debe asegurar un equilibrio adecuado de abastecimiento y precios al área urbana para proteger los niveles salariales, apoyando indirectamente la expansión industrial.

Paralelo al crecimiento del mercado, producto del proceso de urbanización asociado a las tasas comparativamente altas de crecimiento de la economía en el período 1,960 - 1,980, la producción de arroz creció y las fuertes variaciones de corto plazo de la producción de arroz granza requirió de la importación de arroz oro en varios años para completar los abastecimientos. Los gastos en divisas para completar los abastecimientos se vieron afectados por la inestabilidad del precio del arroz que caracteriza el mercado internacional.

A principios de 1,960 existían más de 30 beneficios de arroz con un promedio comparativamente bajo de utilización de la capacidad instalada. La producción agrícola a pequeña escala se integraba en un sistema tradicional de comercialización y de proceso agroindustrial.

Participan comerciantes mayoristas de la fase de acopio que adquieren la producción de arroz granza a nivel de pequeño y mediano productor. Luego, trasladan el arroz a los beneficios para el proceso de secado y pilado y, posteriormente, transportan el arroz oro al mercado mayorista de la ciudad capital para su venta a los mayoristas especializados en el comercio de granos básicos (maíz, frijol y arroz).

Los minoristas o detallistas se abastecen de estos mayoristas de la fase de distribución y venden a los consumidores a granel (no envasado). En la medida de la disponibilidad de financiamiento, los beneficios almacenan arroz para abastecer al mercado durante el año a través de los canales tradicionales de distribución. En este subsistema, la fase mayorista de distribución controla la mayor parte del flujo de abastecimiento.

Paralelo al crecimiento del mercado urbano, se desarrolla un subsistema moderno o modernizante, especialmente en el decenio 1,970 - 1,980. Dos o tres empresas que disponen de los beneficios o molinos de arroz más grande, modernizan sus instalaciones y equipos, y, se integran a fuentes de financiamiento para cubrir los costos de formación de existencias importantes de arroz y, por otro lado se integran a canales modernos de distribución como son las cadenas de supermercado. Introducen nuevos productos como el arroz precocido y establecen marcas a los productos de arroz envasado y seleccionado (actualmente existen entre 7 a 8 marcas, con envases de 1 lb., 5 lbs. y 25 lbs.). Los beneficios modernos de arroz en este subsistema modernizante se constituyen en la articulación fundamental entre la producción y el consumo, controlando actualmente entre el 75 - 85% del abastecimiento interno.

El abastecimiento de arroz seleccionado y envasado a través de los supermercados está dirigido, principalmente, a los estratos de población de medios y altos ingresos. Ello obliga al sector moderno agroindustrial a mantener un flujo de abastecimiento de buena calidad y estandarizado para sostener el prestigio de sus marcas de arroz envasado. Explica la preferencia de la industria

arrocera moderna de obtener abastecimiento de arroz granza proveniente de variedades de grano largo y de buena calidad.

Se distingue el sistema subsectorial de arroz de dos subsistemas identificados como el subsistema tradicional y el subsistema modernizante. El primero se caracteriza por la participación de pequeños y medianos agricultores y en el otro extremo por consumidores ubicados en los estratos de población de medios y bajos ingresos. Participan en el procesamiento y traslado de la producción hasta el consumidor, los beneficios de arroz y comerciantes mayoristas con operaciones a escala reducida.

En el subsistema moderno (1) participan medianos y grandes productores y consumidores de medios y altos ingresos. Los beneficios modernos se constituyen en la articulación principal del sistema y abastecen al mercado a través de canales modernos constituidos por los supermercados. Paralelamente, alimentan el canal de comercialización tradicional con un flujo de partidas de arroz granel que transfieren a los depósitos mayoristas de la ciudad capital.

De acuerdo con un estudio realizado en 1990 existían en el país 34 beneficios de arroz. Actualmente, se pueden clasificar en dos grandes grupos: a) beneficios tradicionales y b) beneficios comerciales. Los primeros prestan servicio de secado y pilado a intermediarios-transportistas a pequeños y medianos agricultores, conforme a una tarifa y el derecho sobre los sub-productos. En general, estos beneficios concentran sus actividades durante la época de cosecha de modo que el grado de utilización de la capacidad instalada es comparativamente baja. Los volúmenes operados por este grupo de beneficios ha venido perdiendo importancia a medida que se han venido desarrollando los beneficios comerciales.

(1) El término moderno se utiliza en forma relativa para diferenciarlo del tradicional más antiguo. Ciertamente, el subsistema caracterizado como moderno de la industria nacional es comparativamente atrasado frente a la industria arrocera de países desarrollados, por ejemplo, la de Estados Unidos.

1.2 Cultivo y descripción de la planta de arroz

El arroz es el fruto de una planta anual de la familia gramíneas (*Oryza sativa*). Originaria de las Indias Orientales, crece en terrenos encharcados por una ligera corriente de agua. La caña posee tres o cuatro nudos. Las hojas son largas, lineales y agudas, de bordes muy ásperos. Las flores, dispuestas en pareja, muy pequeñas y blancas. El fruto se ofrece en cariósipide, un grano blanco, oval y harinoso que una vez cocido es de fácil digestión y muy nutritivo.

Existen dos grupos principales de variedades: unas apropiadas para suelos secos y de altura y las otras adecuadas a los suelos húmedos.

En la actualidad se siembran unas 1,400 variedades. Las especies más cultivadas de todo el mundo son: *O. (2) sativa*, *O. glutinosa*, *O. mutica*, *O. aristata*, *O. pubescens*, *O. montana*, *O. minuta*, *O. subalata*, *O. parriflora* y *O. perennis*.

El cultivo del arroz con riego puede hacerse bajo una diversidad tan amplia de condiciones climatológicas que es difícil definir las más adecuadas para éste. Las exigencias del cultivo son tales que su establecimiento tiende a concentrarse en regiones donde hay tierras bajas, planas, las cuencas y deltas de los ríos, con temperatura elevada y luz solar constante, la conclusión evidente es que el principal factor que limita el cultivo del arroz es la provisión de agua. La altitud en que se puede cultivar el arroz depende de la latitud. El arroz está adaptado a regiones de temperaturas elevadas y de insolación prolongada. La temperatura promedio requerida durante la vida de la planta tiene un rango de 20 a 37.7°C. Aunque es probable que el viento ligero sea favorable para el cultivo del arroz, los vientos fuertes, en especial si duran demasiado, tienen un efecto adverso sobre el rendimiento del grano. El grado de daño depende mucho de la humedad y velocidad del

(2) O. = *Oryza*

viento, siendo los vientos secos en especial perjudicial y aquellos fuertes y continuados ocasionan una reducción de la fotosíntesis y favorecen la diseminación de las enfermedades bacterianas de las hojas del arroz. La luz no es, necesariamente, un factor limitante del crecimiento en las etapas tempranas; pero, se vuelve más crítica a medida que avanza la edad de la planta y, sobre todo, en la época de diferenciación de la panoja: esto es, alrededor de tres semanas antes a tres semanas después que ocurre la floración. Se ha observado que la sombra retarda mucho la llegada de la planta al período crítico de la formación de hijos. Los terrenos que se utilizan para el cultivo del arroz con riego se mantienen inundados, artificialmente, durante períodos variables de tiempo, lo cual produce un movimiento de compuestos de hierro y de manganeso de las capas superiores y su subsecuente precipitación o mayores profundidades.

La planta de arroz es una hierba anual con tallos redondos, huecos y con juntas, hojas bastante planas y una panoja terminal. Está adaptada para crecer en suelos inundados; pero, también, puede hacerlo muy bien en suelos no anegados.

1.2.1. Partes de la planta de arroz

Las partes de la planta de arroz pueden dividirse como sigue:

1. órganos vegetativos:
 - 1.1 raíces: son fibrosas y consisten en radículas y vellos verticales;
 - 1.2 tallo: se compone de una serie de nudos e internudos, en orden alterno. El nudo lleva una hoja y un capullo que puede desarrollarse, para constituir un vástago o renuevo. (Figura 1)
 - 1.3 hojas: están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. La hoja o la parte extendida de ella se sujeta al nudo por medio de la vaina.

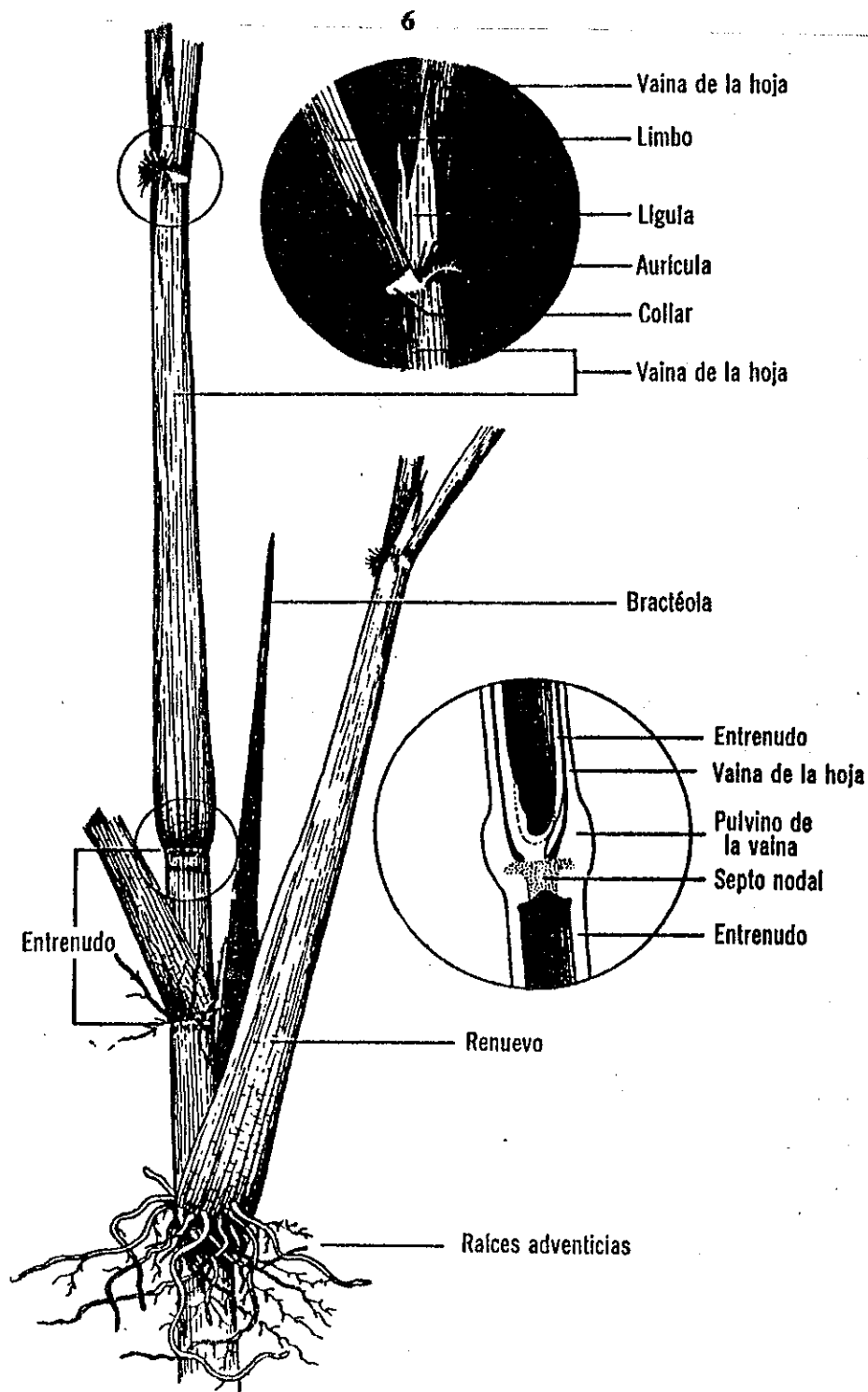


Figura 1. Partes de un renuevo primario y su renuevo secundario

2. órganos florales:

2.1 panoja: es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo. (Figura 2)

2.2 espiguillas: la espiguilla individual está formada por dos "glumas externas" (lemas estériles) muy pequeñas y todas las demás partes florales se encuentran entre ellas o por encima de ellas. (Figura 3)

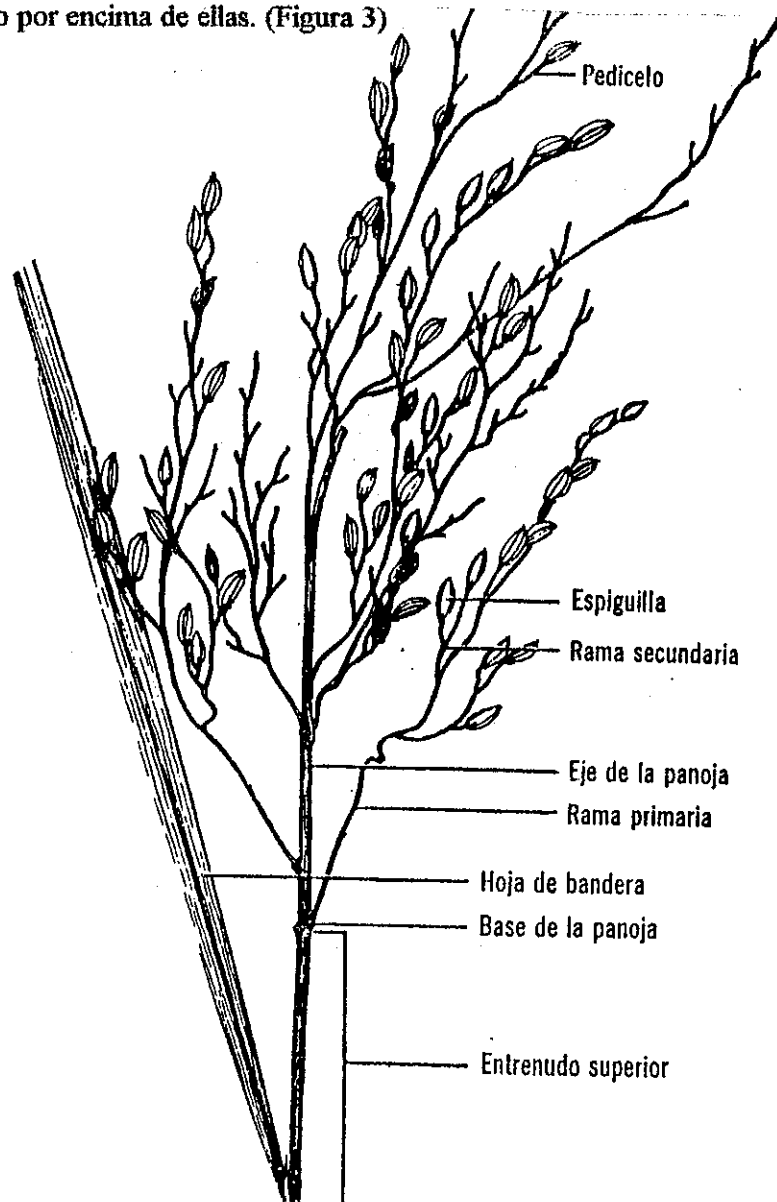


Figura 2. Partes componentes de una panoja (se muestran en forma parcial)

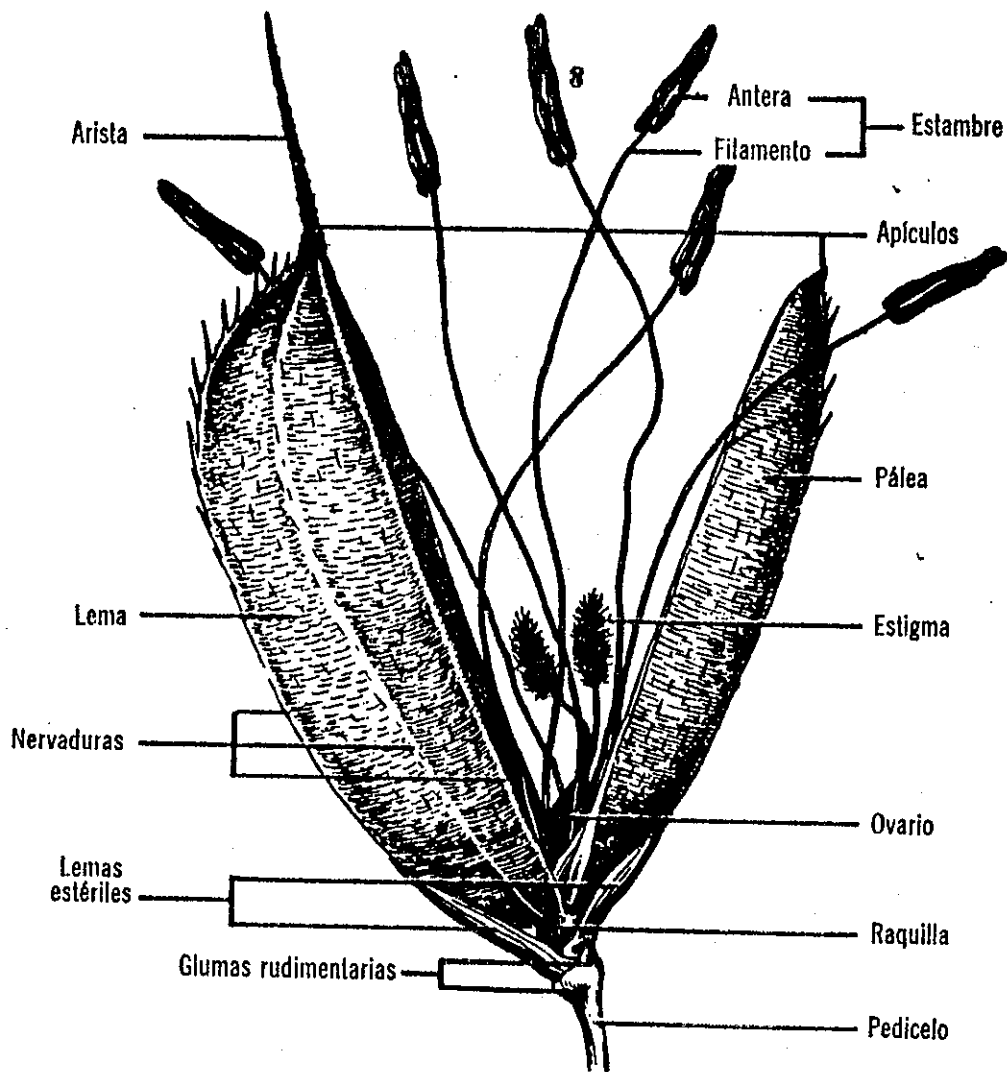


Figura 3. Partes de una espiguilla

Todas las partes de la planta que se encuentran por encima de las "glumas externas" se denominan colectivamente flósculo. Este último consiste en la cubierta dura que se convierte en lema y pálea (las "glumas") y la flor completa que se encuentra entre ellas.

La flor (Figura 3) consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres se componen de anteras bicelulares, nacidas sobre filamentos delgados, mientras que el pistilo consiste en el ovario, el estilo y el estigma.

El estigma es una estructura plumosa nacida en el estilo que, a su vez, es una extensión del ovario. En la base de la flor se encuentran dos estructuras transparentes que se conocen como lodículos.

El grano de arroz (Figura 4) se compone del ovario maduro, la lema y la pálea, la raquilla, las lemas estériles y las aristas, cuando se encuentran presentes. El embrión (Figura 5) se une con el endospermo. La lema y la pálea con sus estructuras asociadas, constituyen la cáscara y pueden retirarse mediante la aplicación de una presión giratoria.

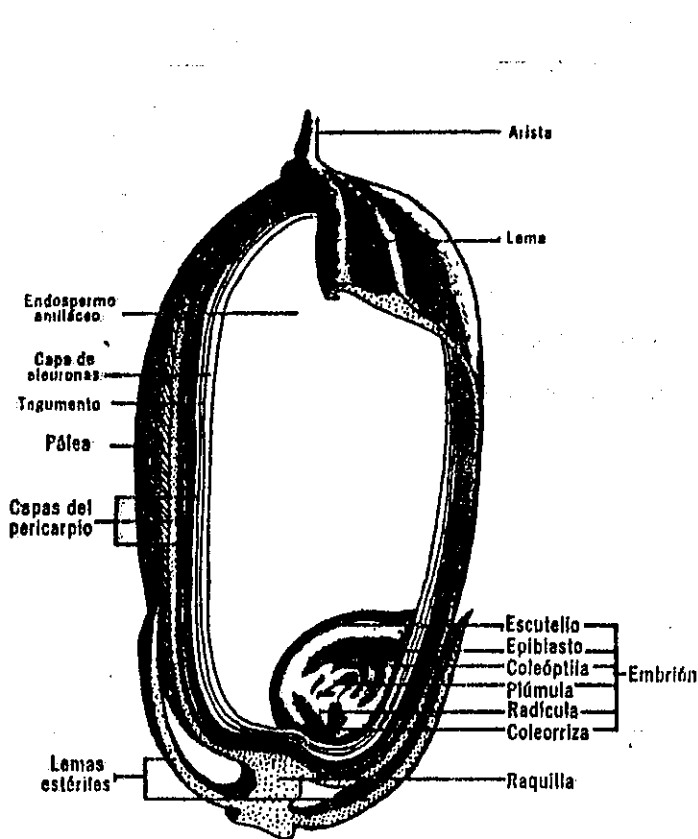


Figura 4. Estructura de un grano

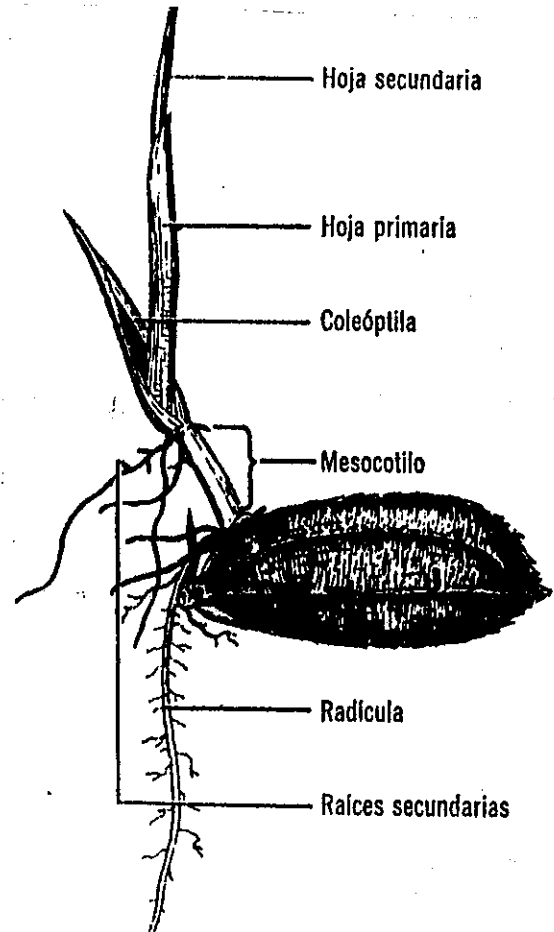


Figura 5. Partes de un embrión en germinación

1.2.2. Crecimiento y desarrollo de la planta

Cuando la flor del arroz está a punto de brotar, los flósculos se hinchan, empujando y separando a la lema y la pálea. Este proceso permite la elongación y salida de los estambres, por encima del flósculo abierto.

La apertura del flósculo va seguida por la rotura de las anteras, que esparcen sus granos de polen (esporas machos). Después de que los granos de polen se derraman de los sacos de las anteras, la lema y la pálea se cierran. La transferencia de los granos de polen al estigma completa el proceso de polinización. La polinización va seguida por la unión (fecundación) de una espora hembra con un núcleo de esperma. El grano de arroz se desarrolla después que se completa la polinización y la fecundación.

El ciclo biológico de la planta de arroz se inicia con la fecundación y el desarrollo subsiguiente de la planta embrionaria (plántula de arroz no nacida). La planta embrionaria germina en una plántula que crece a continuación hasta constituir una planta madura. En los trópicos, las variedades de arroz completan su ciclo de vida dentro de un período general que va de 110 a 210 días, cayendo el módulo entre 100 y 150 días.

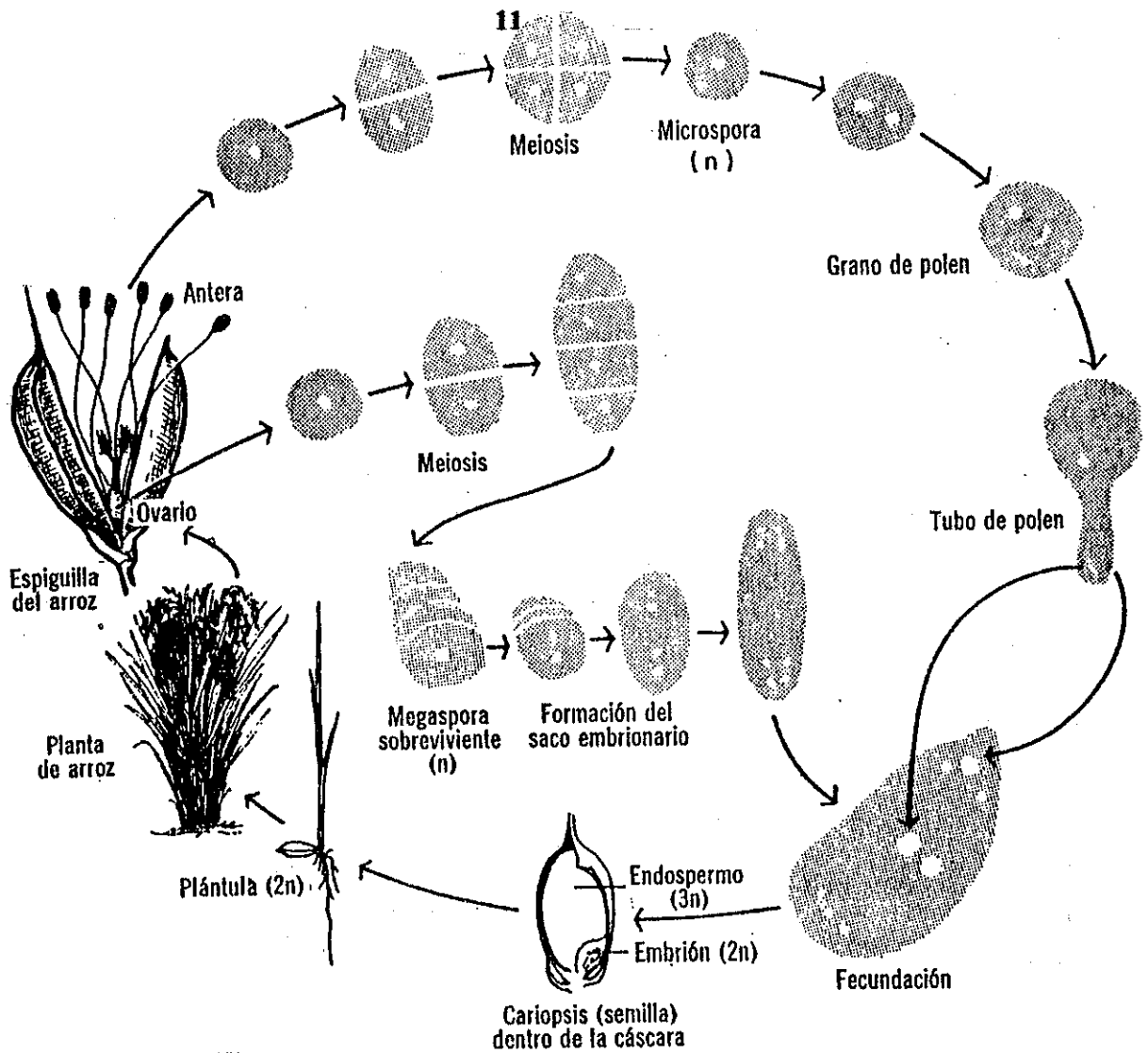


Figura 6. Ciclo biológico de una planta de arroz

1.2.3 Fases fisiológicas del proceso de crecimiento

1.2.3.1 Fase vegetativa: desde la germinación de la semilla hasta el comienzo de la formación de la panoja. Se subdivide en etapas o períodos fisiológicamente diferentes: etapa de plántula, etapa de trasplante y etapa de renuevos.

Esta fase se ve afectada notablemente, en algunas variedades por la longitud del día y la temperatura y puede subdividirse en:

- fase vegetativa activa: crecimiento hasta llegar al número máximo de hijuelos. Durante esta fase aumenta el número de hijos, la altura y el peso de la paja. La duración de ésta es una función de la cantidad de nitrógeno disponible para mantener el contenido de nitrógeno de la planta arriba del nivel crítico;

- fase vegetativa retrasada: desde el período en que se llega al número máximo de hijuelos hasta aquel de iniciación de la panícula. El número de hijos disminuye; la altura y el peso de la paja siguen aumentando, pero, con menos rapidez que antes. Las características y las condiciones climáticas, en particular, la longitud del día y la temperatura, determinan la duración del lapso entre la siembra y la iniciación de la panícula.

1.2.3.2 Fase reproductiva: desde el comienzo de la formación de la panícula hasta la floración. Se desarrollan los primordios de la panoja, la altura y el peso de la paja aumentan con rapidez.

Etapa de formación de la panoja: se caracteriza por la iniciación del primordio de la panoja, de dimensiones microscópicas, en el vástago en crecimiento. Normalmente; se produce, más o menos, de 70 a 75 días antes de la fecha de maduración, unos 60 ó 70 días después de la formación de las plántulas.

Etapa de elongación de los entrenudos y panojas: la elongación puede iniciarse desde el comienzo de la formación de la panoja.

Etapa de espigamiento: es la emergencia de las puntas de las panojas (formación de cabezas) saliendo de las vainas de las hojas en forma de bandera.

Etapa de floración: se inicia con la rotura de las primeras anteras dehiscentes en las espiguillas terminales de las ramas de la panoja.

1.2.3.3 Fase de maduración: desde la floración hasta la maduración completa. El peso de la panícula aumenta con rapidez y el de la paja disminuye. El grano de arroz se desarrolla después de la polinización y la fecundación. El desarrollo de los granos es un proceso continuo y dichos granos sufren cambios evidentes antes de madurar por completo.

Etapa lechosa: el contenido de la carióspside (la porción amilácea del grano) es primeramente acuosa, más tarde se vuelve de consistencia lechosa.

Etapa masosa: la carióspside lechosa se convierte en masa blanda y posteriormente, en más dura.

Etapa de maduración: el grano individual está maduro cuando la carióspside se ha desarrollado completamente y se vuelve dura, clara y limpia de tintes verdosos. La etapa de maduración se completa cuando están maduros más del 90 % de las panojas.

Al madurar el grano, las hojas envejecen y se ponen amarillentas en orden descendente. Las hojas que dejan de funcionar y los tejidos del tallo se llaman paja muerta.

Etapa de sobremaduración: la paja muere y los granos demasiado maduros se desgranan de la panoja. Puede producirse un resquebrajamiento de la carióspside dentro de la lema y la pálea, mientras que los granos están todavía sujetos a la panoja con la consiguiente pérdida en la molienda y en el grado de calidad para el mercado.

Soca: en condiciones favorables de humedad y fertilidad pueden desarrollarse renuevos adicionales de los restos de las plantas cosechadas. Esos renuevos constituyen una segunda cosecha o soca. La duración de crecimiento de una soca se reduce considerablemente; pero, también, el rendimiento en grano.

Duración aproximada de las fases de crecimiento de las plantas de arroz.

FASES	DURACIÓN
1. Fase vegetativa básica o activa.	De 25 a 65 días para la mayoría de las variedades.
2. Fase vegetativa retardada (de la fase vegetativa básica al comienzo de la formación de las panojas).	Varía, considerablemente, de acuerdo con la longitud del día, en las variedades estacionales.
3. Fase reproductiva (del comienzo de formación de las panojas a la floración).	Unos 35 días, sea cual fuere la variedad.
4. Fase de maduración (de la floración a la maduración).	De 25 a 35 días sea cual fuere la variedad.

La duración aproximada es de 125 a 135 días. A continuación un cuadro que presenta las variedades de arroz desarrolladas por el ICTA (3) vrs variedades importadas:

CUADRO No. 1
Variedades de arroz desarrolladas por el ICTA vrs. variedades importadas

Variedad	Ciclo (días)
TIKAL 2	125
ICTA Cristina	136
ICTA Virginia	135
ICTA Tempisque	125
IG (4) 3022	125
IG 4538-1	125
IG 1005	135
IG 4227-315	122
IG 1054	132
IG 1056	127
Canelo	100
Star bonnet	123
Le bonnet	100
New Rex	105
Blue Bonnet	135
CR 1113	135

(3) ICTA= Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

(4) IG = ICTA-Guatemala

1.3 Recolección

Tres aspectos fundamentales deben ser tenidos en cuenta para la recolección del cultivo de arroz. Cuándo cosechar, el método de cosecha y las pérdidas en rendimiento y de calidad del grano.

1.3.1 Epoca de cosecha

La determinación del momento óptimo de cosecha resulta fundamental dentro de la economía del cultivo en una región. Para esto se debe tener en cuenta la humedad del grano, el contenido de materia seca del mismo, la germinación y el vigor de la semilla, el porcentaje de granos inmaduros o yesosos y el rendimiento en molino de granos enteros y quebrados. Varios trabajos se han realizado a fin de determinar el momento de madurez a partir del período de floración. Esto tarda en ocurrir un tiempo para cada variedad y en la misma variedad con diferente ambiente, mientras que el período de floración a madurez en el trópico cálido ha demostrado ser bastante constante.

1.3.1.1 Condiciones de cultivo para la cosecha

Para que la cosecha se realice en óptimas condiciones se requiere:

1. suprimir el riego de inundación cuando se observe que se inicia el proceso de maduración.
2. si por razones de deficiencias en la nivelación, no se pudiera desaguar totalmente las pozas, será necesario construir "sangrías" en la dirección de la máxima pendiente y orientadas hacia los canales de desague del sistema.
3. esperar el tiempo necesario, para que la superficie de la poza quede en un estado tal, que permita sin dificultad la operación de cosecha ya sea manual o mecanizada.

4. el arroz debe cosecharse, cuando ha alcanzado el final de su período vegetativo, lo que sucede, cuando, las espigas tienen el 85% de granos maduros. En general una plantación de arroz, se considera apta para ser cosechada cuando presenta las siguientes características:
- el tallo y la hoja han tomado una coloración amarillenta.
 - la espiga se ha conservado hacia abajo por el peso de los granos.
 - los granos de la base de la espiga se encuentran duros y ofrecen resistencia al quebrado con las uñas. Los granos de la parte media y superior de la espiga al ser quebrado con los dientes lo hacen netamente, presentando la superficie de fractura seca y dura.
 - no debe permitirse una sobremaduración del arroz en la planta, porque esto puede determinar que el grano se quiebre en el interior de las glumas.
 - en aquellas variedades que son susceptibles al desgrane de la espiga se recomienda no esperar que estas características se manifiesten en toda su amplitud.

Las características que se afectan a medida que el grano desarrolla y madura son: el contenido de humedad y de materia seca, la germinación y el vigor; mientras que el tamaño del grano está condicionado al de las glumas, las cuales se han formado previamente y permiten poca variación.

1.3.1.2 Contenido de humedad

En el arroz la humedad del grano en el momento de la fecundación alcanza el 90%. Después, la humedad disminuye, gradualmente, hasta alcanzar la humedad de equilibrio, entre 20 y 14% según el ambiente. Se acepta que la madurez fisiológica del grano se alcance alrededor del 27% de humedad promedio de los granos.

1.3.1.3 Contenido de materia seca

Puede decirse que el contenido de materia seca es inverso a la humedad del grano, hasta alcanzar la madurez fisiológica. El incremento inicial es bajo hasta unos 7 días, después sufre un incremento muy rápido hasta el 22º día y sigue un incremento menor hasta alcanzar el máximo peso seco, alrededor de 30 días desde la floración. Posteriormente, los procesos fisiológicos consumen parte de la materia seca y el contenido en el grano se hace menor.

1.3.1.4 Germinación y vigor

Es una característica del arroz y de otras gramíneas, que sus semillas pueden germinar poco después de la fecundación del óvulo, la cual se incrementa rápidamente hasta los 20 ó 25 días cuando se hace constante por un período de varios meses.

En relación con el vigor, éste puede ser expresado como velocidad de emergencia, longitud de plántula y senescencia rápida.

1.3.1.5 Rendimiento y calidad molinera

El rendimiento es una función del aumento de materia seca en el grano y se incrementa hasta unos 30 días desde la floración. Se han realizado varios estudios y se encontró que el número de granos enteros era máximo a una humedad entre 25 y 27%, mientras que el número de granos inmaduros tendería a ser constante por debajo del 27% de humedad.

1.3.1.6 Cuándo cosechar

Con base en las consideraciones anteriores y teniendo en cuenta los riesgos por deliescencia natural del grano, volcamiento, aves y ratas, desastres y pérdida de valor comercial, la

cosecha debe realizarse tan pronto como el grano alcance su madurez, para lo cual el mejor indicador es la humedad del grano, pero, también, puede tomarse el color del mismo. Cheaney y Sánchez, 1973, y otros autores, recomiendan cosechar cuando el 95% de los granos en las panojas tengan color paja y el resto esté amarillento.

Un resumen en relación con la humedad de cosecha sería:

- mayor de 27%: menor rendimiento y granos yesosos.
- entre 20 y 27%: humedad óptima.
- menor de 18%: pérdida de granos, de calidad y mayor riesgo.

La cosecha de grano para semilla se prefiere hacer alrededor de 20% de humedad del grano, a fin de evitar riesgos de daño a la viabilidad de la semilla, por calentamiento cuando se demore el secamiento de ella.

1.3.2 Métodos de cosecha

En Latinoamérica la cosecha se realiza en variados sistemas para las diferentes áreas productoras, de acuerdo con su grado de desarrollo tecnológico o sistema de producción.

En Guatemala se practica ampliamente la cosecha manual a nivel de pequeños y medianos productores, donde la mano de obra es abundante y el jornal agrícola bajo, o sencillamente se emplea mano de obra familiar o comunitaria. Hace más o menos 20 años, que se viene introduciendo en forma paulatina la cosecha mecanizada, en especial en grandes áreas que cuentan con condiciones favorables para este tipo de operación.

En los últimos años, el empleo de pequeños tractores se ha popularizado para realizar las labores de cultivo. Los tractoristas que alquilan sus servicios logran un rendimiento mayor de sus tractores durante el período de preparación del terreno.

En general, el mayor porcentaje de uso de mano de obra contratada está en los pequeños y medianos productores por la falta de mecanización de las tareas. Si comparamos los tres grupos de productores (grandes, medianos y pequeños) el 70% realiza la cosecha en forma mecanizada (rentada o propia dependiendo de su capacidad económica) y el 30% en forma manual, pero aún así únicamente el 4% de los grandes productores tiene acceso y aplica la última tecnología disponible, lo que nos indica que el grado de desarrollo del país aún se encuentra en niveles bajos.

A continuación se describen las diversas formas en que se puede realizar la cosecha:

1.3.2.1 Cosecha manual

Los métodos manuales son muy variados y en algunos lugares se cortan sólo las espigas para trillarlas, mientras que en otros se corta la planta a diferentes alturas. Algunos de los métodos más empleados son: a) raspar a mano los granos sin cortar la espiga, b) cortar espigas y hacer manojos, los cuales se almacenan colgados para después trillarlos con un palo, c) cortar las espigas y transportarlas a patios, para dejar secar en "montón" y trillar con los pies, d) Cortar la paja con espigas y hacer montones sobre lonas. La trilla puede ser de diferente forma: golpeando con palo o golpeando la espiga sobre troncos, tambores, rocas o mesas diseñadas para tal fin (aporreadero). e) cortar la paja con espigas y amontonar en patios para trillarla con tractores o patas de animales.

1.3.2.2 Cosecha semi-mecanizada

Dentro de este método se combina el trabajo manual con el empleo de máquinas generalmente, trilladoras estacionarias. Existen también máquinas que cortan el arroz dejándolo en el campo para trillarlo, pero, son poco difundidas.

1.3.2.3 Trilla con máquinas estacionarias. En este caso el arroz cortado se recoge en grandes montones, donde se transporta después a una máquina trilladora la cual se alimenta a mano, desgrana y limpia rápidamente el arroz.

1.3.2.4 La trilla con máquina portátil. Se trata de un equipo menos voluminoso y liviano que el anterior y puede ser transportado dentro del campo, así que permite realizar muchos montones pequeños, con lo cual se ahorra mano de obra. Su trabajo es más lento que el anterior; las máquinas pueden ser accionadas por un motor pequeño o pueden ser de pedal.

1.3.2.5 Cosecha mecanizada

El tipo de cosechadoras, predominante en el cultivo de arroz; son las autopropulsadas, con ruedas de caucho o metálicas de carril (oruga). El tamaño de la máquina está en relación con el ancho de la barra de corte. Existen cuatro grupos clasificados de acuerdo con la variación en la capacidad de operación y potencia de cada uno.

Para el análisis de la labor de estas máquinas es importante conocer las partes que trabajan directamente en la cosecha, ordenadas en tres secciones: corte, trilla y limpieza. Además, se cuentan con la sección de empaque o depósito del grano.

Sección de corte o alimentación: molinete, barra de corte, sinfín recolector y transportador de arroz cortado.

Sección de trilla: cilindro (de dientes, de barras raspadoras o de barras angulares) y, cóncavo y rejillas.

Sección de separación y limpieza: batidor del cilindro, sacapajas, cortinas deflectoras, zarandas y ventilador.

Receptor de granos: elevador de granos, criba rotativa y aparato ensacador o depósito.

El secado es necesario por las siguientes razones:

- el arroz recién segado contiene demasiada humedad, lo que puede provocar fermentaciones y calentamiento si es cargado, inmediatamente, en estas condiciones a la "era";
- inmediatamente después de la siega, terminan de madurar los granos de la parte basal de la espiga que aún estaban un poco blandas en el momento de la siega;
- el secado también favorece a que el tallo y hojas queden, suficientemente, secas, haciendo más fácil el carguío;
- para obtener un buen producto en el momento del pilado, ya que los granos blandos o húmedos se aplastan o rompen, bajando el rendimiento en "pila".

La duración del secado dependerá de las condiciones climáticas de cada zona. Con buenas condiciones de temperatura, luminosidad y atmósfera seca se considera 3 a 5 días después de la siega. El secado no debe ser violento porque los granos pueden quebrarse, aparentemente, los granos están enteros, pero, interiormente están rotos. Este accidente es más frecuente en zonas de temperatura elevada, donde la operación del secado debe durar de 1 a 3 días.

En la zona de selva, donde las condiciones climáticas impiden el secado al sol, a causa de las continuas precipitaciones pluviométricas, sería necesario generalizar el uso de "secadoras", a fin de almacenar la cosecha con humedad apropiada y evitar las funestas consecuencias conocidas.

Después de la recolección, el grano se debe dejar secar hasta que el mismo tenga entre 20 a 22% de humedad. En la actualidad, hay determinadores de humedad, portátiles, que permiten realizar esta operación en forma sencilla.

Después de cosechado conviene reducir la humedad del grano en forma gradual hasta 16 a 18%, si se va a llevar al beneficio, si se piensa almacenar conviene secarlo hasta un 13 o 14% de humedad.

1.4 Transporte

Este es uno de los puntos más importantes en la cadena del arroz y de los granos básicos. Estas actividades se realizan a nivel de intermediarios con camiones, generalmente, de 8 a 10 toneladas que trabajan por cuenta propia.

En general, el transportista compra el grano en el interior de la república, en granza, al agricultor, para llevarlo a los molinos, tanto de los departamentos como de la ciudad capital; el margen de ganancia puede llegar hasta el 33%. Esto es cierto para el pequeño y mediano productor, aunque este último, tiene mayores probabilidades de rentar el servicio de transporte y obtener, así, una parte del margen de comercialización.

El productor grande, en su mayoría cuenta con medios de transporte, por lo que él puede evitar al transportista y, por lo tanto, obtener el margen de comercialización que pierden los pequeños y medianos.

En general, el problema de la intermediación y de los costos que ésta implica es uno de los más importantes para el productor, particularmente el pequeño. El transportista basa su ventaja comparativa en movilidad, que le permite llegar generalmente primero a los lugares de cosecha y la información con la que toma decisiones sobre precios. Con esto logra sustentar su 33% de margen de ganancia.

1.5 Almacenaje

El propósito fundamental del almacenamiento es que la cosecha debe protegerse de las plagas y de las inclemencias del tiempo. Por lo tanto, es indispensable asegurarse que a un granero a prueba de ratas, bien protegido de la intemperie y limpio, sólo entre grano seco y bien limpio.

Las causas principales de pérdidas de almacén son atribuibles al metabolismo de los tejidos del grano, a microorganismos, insectos y ácaros que ocasionan calentamiento espontáneo. El contenido de humedad tiene un profundo efecto sobre el metabolismo de los tejidos del grano, provocando el calentamiento espontáneo que se traduce en pérdidas de viabilidad y de material, así como cambios químicos en las proteínas, carbohidratos y grasas. Con un contenido de humedad superior al 14 %, las esporas de los granos germinan y crecen, aunque muchas especies lo hacen con humedad baja.

El grano limpio, de alta calidad, está menos expuesto al ataque de hongos que el roto o dañado, ya que en estos últimos no sólo el material alimenticio es de más fácil acceso, sino que, absorbe humedad con mayor facilidad y favorece el ataque de los insectos, algunos de los cuales, de hecho, no pueden atacar el grano perfecto.

Por lo regular, el productor no almacena el arroz por mucho tiempo ya que la cosecha es una sola vez al año y, dependiendo de su capacidad económica, lo vende a transportistas, renta transporte o directamente lo entrega en los molinos.

2. PROCESO INDUSTRIAL ACTUAL

En un molino arrocero se ejecutan dos procesos bien definidos que son: secamiento y molinería. Para realizar el primer proceso, el arroz que llega del campo con contenidos de impurezas (4 a 10%) y humedad (18 a 24%) altos son sometidos a prelimpieza y reducción del porcentaje de humedad con el objeto de facilitar las condiciones de aptitud que permitan que el grano pueda ser trabajado con los equipos de molinería sin interrupción del proceso que perjudique su rendimiento.

Es de anotar que estos dos procesos se ejecutan en forma diferente, pues, mientras en la mayoría de los casos, el secamiento se ejecuta por batches o cochadas, el proceso de molinado se lleva a cabo en forma continua.

Por otra parte, debido a que los picos de cosecha sólo duran de 45 a 60 días por semestre, se hace necesario tener una buena capacidad de recibo, secamiento y almacenamiento a fin de tener materia prima suficiente para mantener en continua actividad al molino durante 4 ó 5 meses por semestre. Esto es de vital importancia si se tiene en cuenta que tanto la nómina de empleados y obreros, así como el flujo de caja para la mayoría de los gastos de administración, se mantienen constantes y deben ser cubiertos con el producido del molino.

Es, pues, la molinería un proceso que requiere no sólo una buena capacidad técnica y administrativa para ejecutarla, sino que, también, necesita de una buena cantidad de recursos, tanto monetarios como de almacenamiento, a fin de obtener buenos resultados en su funcionamiento.

El proceso de molinería, propiamente dicho, se ejecuta partiendo del arroz cáscara (paddy seco al 13% de humedad) el cual pasa por diferentes máquinas para dejarlo en condiciones de consumo.

2.1 Maquinaria y equipo

Antes de que el arroz ingrese a la tolva receptora, existen dos calderas que se utilizan para iniciar el proceso del arroz precocido y, luego que se ha secado, se procede a la molinería del arroz distribuido de la siguiente forma:

A. Sección de recepción y limpieza

1. Tolva receptora.
2. Entrada elevador de cangilones.
3. Elevador de cangilones.
4. Alimentador del transportador de cadena.
5. Alimentador del transportador de cadena.
6. Depósito de arroz pilado.
7. Descarga del transportador de cadena.
8. Descarga del transportador de cadena.
9. Elevador de cangilones.
10. Depósito de control.
11. Limpiador de paddy.
12. Pesador electrónico.
13. Elevador de cangilones.
14. Depósito de basura.
15. Válvula paso de aire.
16. Soplador de basura.
17. Separador magnético.

B. Sección de separado y descascarado

1. Depósito de control.
2. Transportador de tornillo.
3. Descascarador paddy con aspiradora.

4.	Transportador de tornillo.		
5.	Transportador de tornillo.		
6.	Transportador de cadena.		
7.	Elevador de cangilones.		
8.	Transportador de tornillo.		
9.	Depósito de control.		
10.	Mesa separadora de paddy.		
11.	Transportador de tornillo.		
12.	Elevador de cangilones.		
13.	Depósito de cascarilla.		
14.	Válvula paso de aire.		
15.	Soplador de cascarilla.		
16.	Magneto separador.		
C. Sección de blanqueo y pulido			
1.	Distribuidor de 2 vías.		
2.	Depósito de control.		
3.	Despedradora.		
4.	Depósito de control.		
5.	Válvula de cambio 2 vías.		
6.	Máquina blanqueadora de arroz.		
7.	Elevador de cangilones.		
8.	Depósito de control.		
9.	Válvula de cambio 2 vías.		
10.	Máquina blanqueadora de arroz.		
11.	Válvula de cambio 2 vías.		
12.	Transportador de flujo.		
13.	Depósito de control.		

14. Pulidor húmedo.
15. Elevador de cangilones.

D. Sección de categoría y empaque

1. Separadora vibratoria/rotativa.
2. Clasificador por largo.
3. Elevador de cangilones.
4. Elevador de cangilones.
5. Elevador de cangilones.
6. Pesadora automática.
7. Depósito cabeza de arroz.
8. Depósito grano quebrado.
9. Depósito grano poco quebrado.
10. Control de alimentación.
11. Control de alimentación.
12. Transportador de banda.
13. Elevador de cangilones.
14. Pesadora automática.
15. Elevador de cangilones.
16. Válvula de cambio 2 vías.
17. Depósito de arroz blanco.
18. Escala de bolsas.
19. Empacadora automática.
20. Magneto separador.
21. Depósito de control.
22. Transportador de banda.

- E. Sección recolección de polvo y grano**
1. Filtro de bolsa.
 2. Ventilador succionador de polvo.
 3. Filtro de bolsa.
 4. Ventilador succionador de polvo.
 5. Compresor.

A continuación se presenta el diagrama de distribución de la planta identificando cada máquina o equipo de acuerdo con la sección que le corresponde, por ejemplo, en la sección A. Sección de recepción y limpieza, la tolva receptora que corresponde al numeral 1, se va a identificar como A.1.

2.2 Distribución actual del molino de arroz

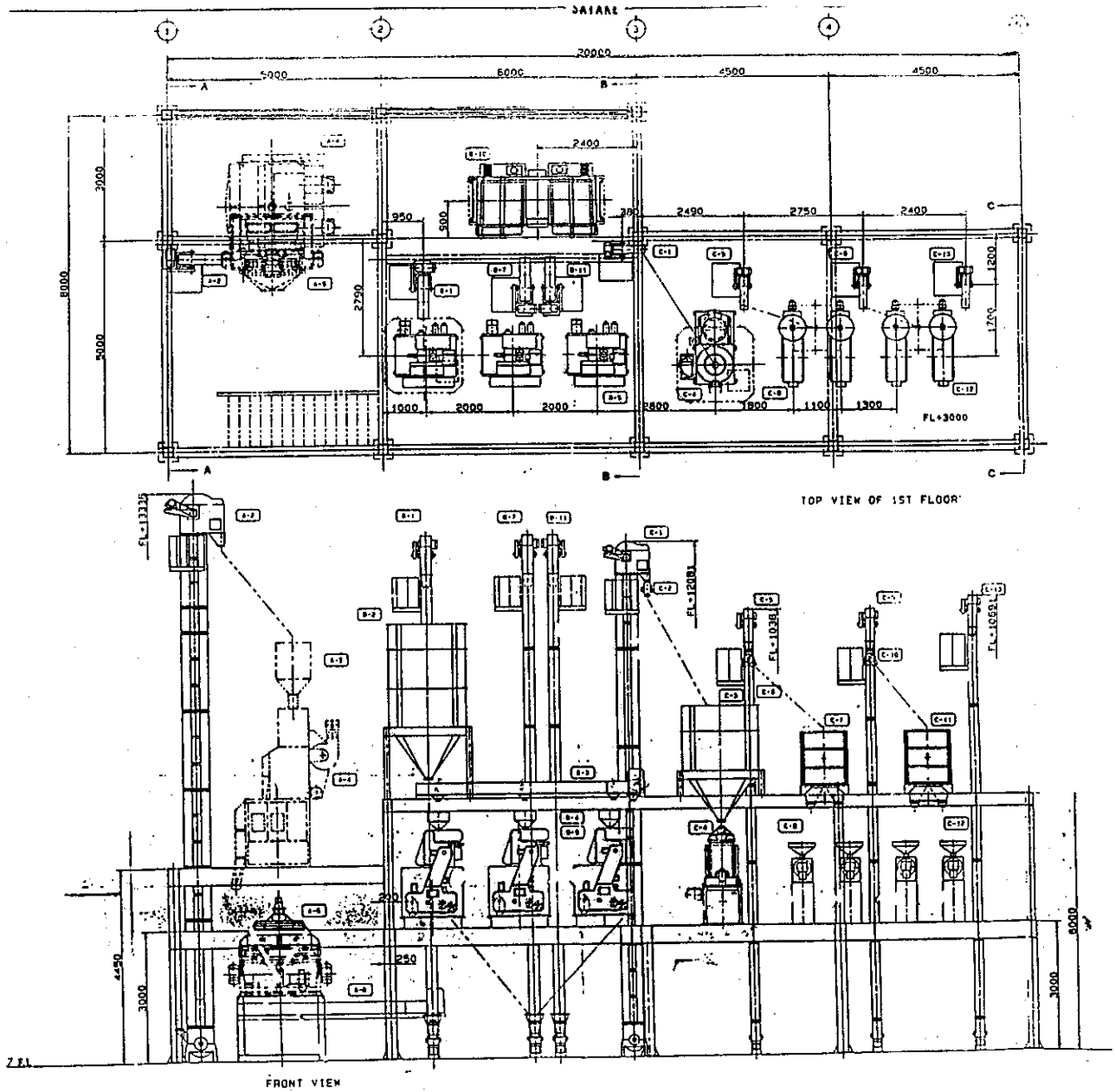


Figura 7. Distribución actual del molino de arroz

2.3 Proceso industrial

2.3.1 Secado

Es el primer proceso al cual se somete el arroz cuando llega al beneficio para proceder a almacenarlo y tenerlo listo e iniciar su proceso de elaboración y comercializarlo. Es necesario secar el palay, tan pronto, como sea posible después de la cosecha hasta dejarle un contenido de humedad no mayor del 14%. Con esa cantidad, el palay se conserva en buenas condiciones por bastante tiempo y produce los mejores rendimientos en el molino. Por lo regular, los beneficiadores de arroz tienen pocas dificultades para asegurarse que el arroz esté suficientemente seco. Por lo general, el grano se extiende en el exterior sobre pisos de concreto, donde en pocas horas de exposición al sol bastan para que se seque. La objeción a este procedimiento es que el calor intenso produce en el grano grietas microscópicas, conocidas como rajaduras por el efecto del sol que, a su vez, pueden resultar en un alto porcentaje de ruptura en el proceso de molienda.

Para secar el arroz es necesario que se encuentre limpio y sin descascarar. Entre los sistemas para manipular el aire caliente y el grano se encuentran las secadoras en sacos (sistema de plataforma y tunel), secadoras de columnas estacionarias y secadoras de flujo continuo que son las utilizadas en este molino ya que son las más recomendables por el volumen de operación superior a las 4 T.M./hora (Figura 7) y consiste, principalmente, en una columna alta, a través de la cual fluye lentamente el grano por gravedad, sometiéndose a la acción del aire caliente insuflado (introducir por soplos) mecánicamente, por un quemador, mediante un ventilador accionado por energía eléctrica a la masa de granos. En este tipo de secamiento se distinguen dos unidades: una constituida por el generador de aire y, la otra, por el sistema de manipulación del aire y del grano. Además, está provisto de tolvas de carga, mecanismos para control de velocidades de flujo, transportadores, cámaras de aire caliente y controles para regular el aire caliente.

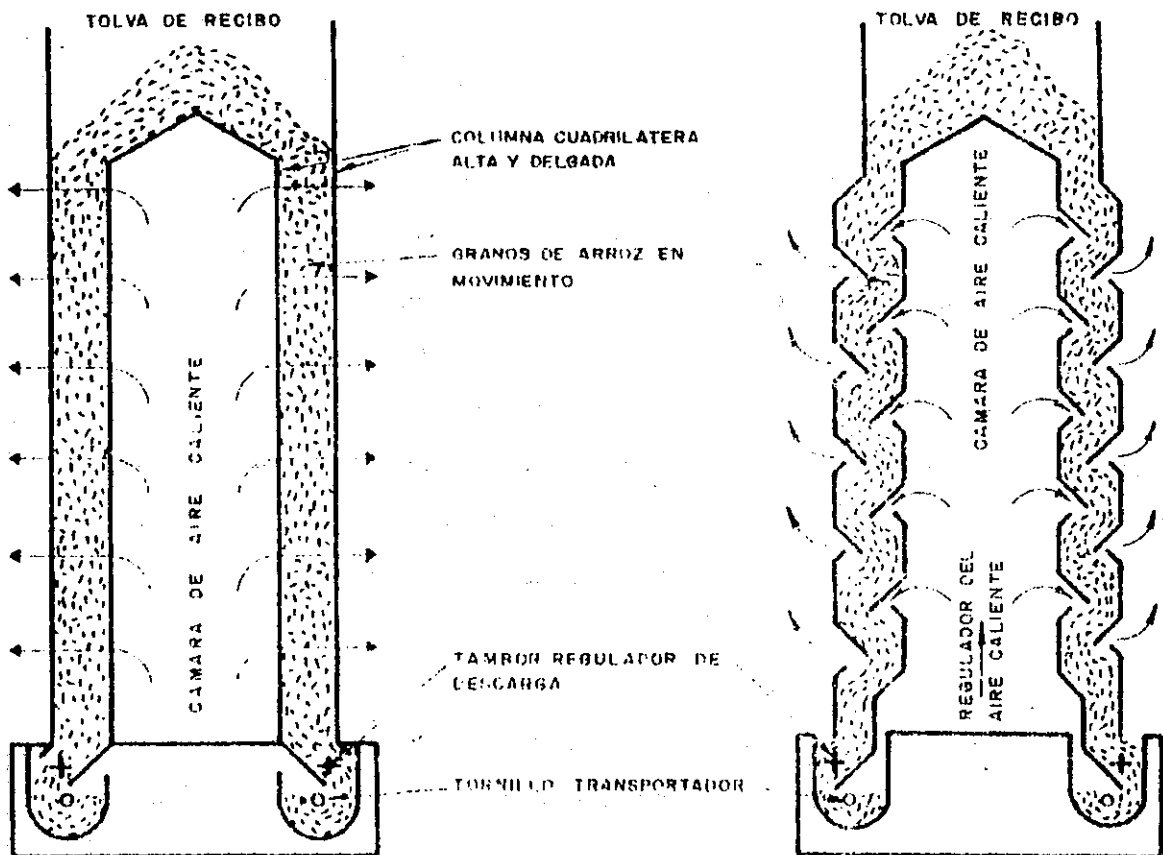
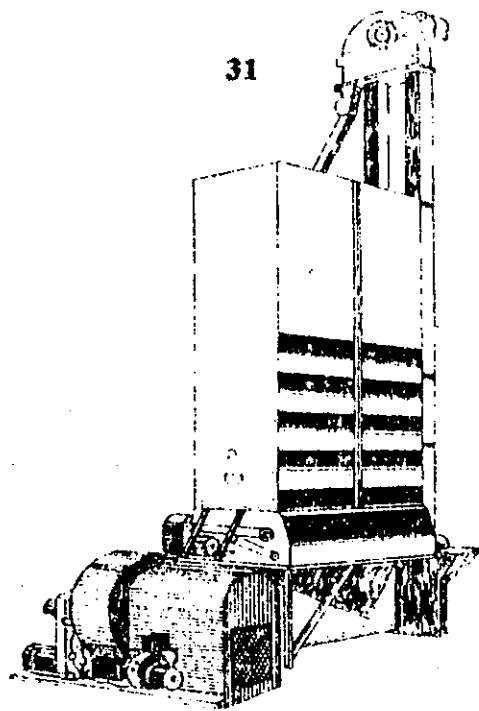


Figura 8. Secadora columnar de flujo continuo

2.3.2 Almacenamiento

El grano de arroz es un organismo vivo en estado latente, cuyo grado de actividad vital, pasado el estado de dormancia depende de las condiciones externas de temperatura y humedad, por lo que, el control adecuado de estas dos condiciones permiten prolongar el estado de dormancia por el tiempo que se necesite almacenar; sin embargo, es posible desarrollar un almacenamiento adecuado desechando el control de temperatura por demandar un gasto de energía constante, basándose en el equilibrio existente entre las presiones del vapor del grano y la del ambiente que lo rodea, de manera tal, que se conserve dentro del almacén una humedad que no permita activar su función biológica.

Estas condiciones en las que la humedad del grano controlará la humedad relativa del ambiente que lo rodea es posible, manteniendo los granos en silos herméticos de madera, concreto o acero, en este caso, este último, con contenidos máximos de humedad de 13.5% para períodos de 6 meses y 12% para almacenamientos mayores de 6 meses, siendo indispensable restringir el movimiento del aire intergranular a través de la masa de granos, por consiguiente las paredes, el techo y el piso de un almacén; en regiones húmedas deben ser no sólo impermeables al agua sino, también, a prueba de vapor y la ventilación debe proporcionarse con precauciones. Los objetivos principales de la aireación son: rebajar la temperatura del grano (enfriar una masa de grano caliente que entre en el almacenamiento, después del secado a altas temperaturas) igualar la temperatura, suprimir olores desagradables o gases tóxicos después de la fumigación, reducir el contenido de humedad a proporciones muy pequeñas.

Dado que el grano es altamente higroscópico y que está dotado de vida, aún bajando su contenido de humedad a los límites permisibles, siempre estará expuesto a daños debidos a: su propio metabolismo, a la microflora existente en su cutícula y a la infestación potencial adquirida en el campo, por lo que será necesario un control minucioso de su temperatura durante el almacenamiento, por ser índice para detectar el tipo de ataque que se está presentando.

Si se toma en cuenta que los millones de toneladas que se almacenan representan millones de quetzales, se debe de dotar a los almacenes de los sistemas adecuados para que la persona encargada de la vigilancia de los granos tenga información completa, segura y al día, de la temperatura del grano que tiene almacenado, en todos y cada uno de los lugares del silo o bodega, a fin de realizar controles adecuados.

Estos controles de temperatura se hacen por medio de termómetro o pares térmicos (TERMOPAR) y son la clave para determinar: cuándo voltear el grano; cuánto voltear; cuándo fumigar; cuándo y cuánto airear y secar; y, cuándo y dónde comienza a calentar el grano.

Los pares térmicos es el método más conveniente fácil y rápido de leer y, debido a su precio elevado, se justifica ampliamente su utilización en grandes volúmenes.

Silos verticales

Caracterizados por su gran altura, base plana o provistas de tolvas de descarga, cerrados en su parte superior, sobre las que se instalan los aparatos de llenado. El esquema elemental de la instalación de los silos comprende:

- una fosa de recepción en la que se vierte los granos.
- un elevador que toma los granos de la fosa y los eleva hasta el transportador.
- un transportador que conduce los granos desde el punto de vertido hasta el orificio de llenado de los silos.
- los silos propiamente dichos, cuya sección transversal es circular.
- transportador inferior que recoge los granos procedentes de los silos para elevarlos al molino.

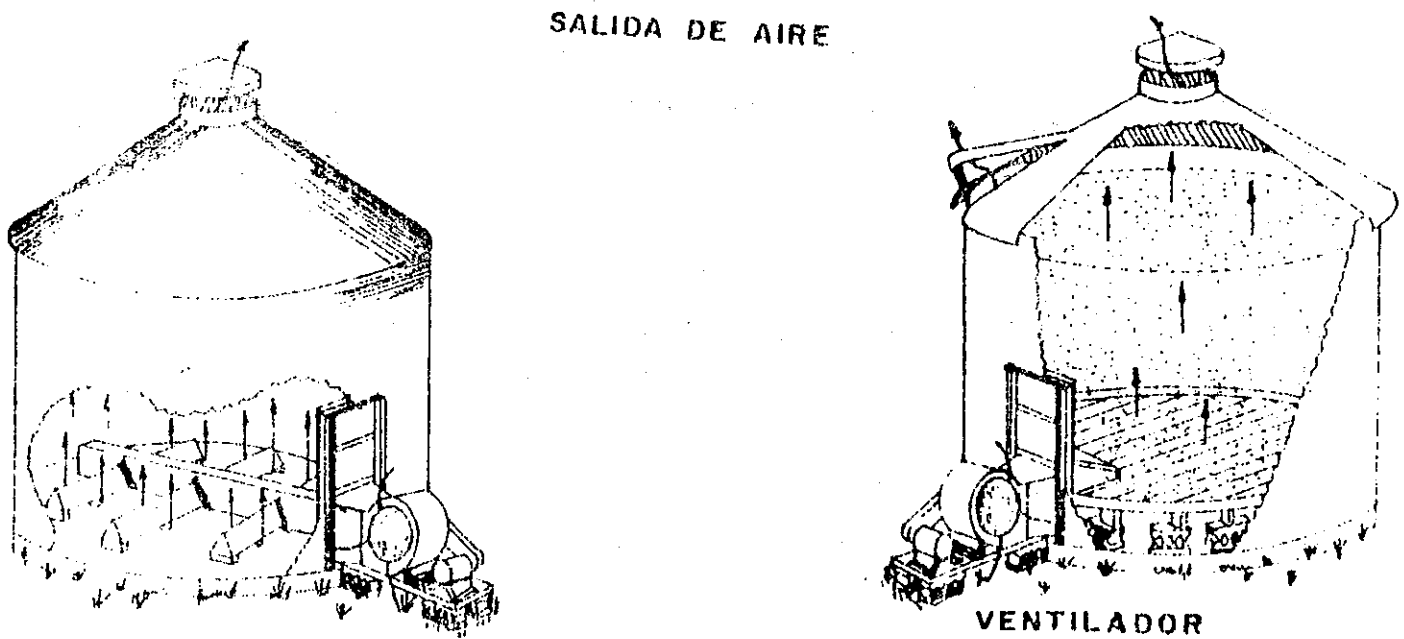


Figura 9. Silo vertical

2.3.3 Limpieza

A pesar del cuidado que se tenga en ahechar en el campo o en la era, el palay que se recibe en el molino, todavía no está en condiciones apropiadas para beneficiarse, ya que puede contener 5% o más de materia extraña, tal como terrones pequeños, piedras, tallo, polvo, hilo y hasta clavos.

La limpiadora tiene por finalidad eliminar las impurezas mayores y menores, así como separar los granos vanos. Este proceso se realiza por exposición de los granos a corrientes de aire y mallas cernidoras.

La máquina limpiadora tiene un aspirador que quita todos los polvos antes de que el grano caiga en las cribas, toda la materia extraña de mayor tamaño que el arroz, como paja e hilos, es arrastrada por la criba y descargada en la cola de la máquina. El arroz bueno pasa a través de la criba anterior a otra que separa la arena, el polvo y las impurezas pequeñas y, luego, fluye en una corriente delgada a un conducto aspirador donde es expuesto a una corriente de aire que arrastra el polvo o las impurezas ligeramente remanentes.

2.3.4 Separado

Después de la limpieza el palay se pasa sobre un separador magnético que está fijado a un conducto o salida, con el objeto de quitar del palay las impurezas metálicas, tales como tuercas, clavos y trozos de alambres que dañarían los discos de la máquina descascaradora o estropear el resto de la maquinaria por donde debe, aún, pasar el arroz en cáscara.

2.3.5 Descascarado

El grano de arroz está encerrado en glumas que permanecen en contacto estrecho con el grano, del cual hay que separarlas, proceso que se denomina descascarado y se realiza mediante un descascarador de bandas de caucho.

En el descascarador de bandas de caucho, las superficies descascaradoras están formadas por una banda ancha sin fin, de caucho de llantas para automóviles de calidad especial, construida de grueso uniforme en toda su longitud y anchura, y, de un rodillo acerado, estriado de dureza de diamante. La banda de caucho corre sobre dos rodillos cilíndricos paralelos, uno de los cuales está provisto de engranes especiales tensados que tienen un dispositivo compensador automático para evitar su movimiento lateral, mientras que el de rodillos frontal o amortiguador, sobre el que se descascara el grano gira, en posición fija. El rodillo veloz ranurado está montado en forma ajustable sobre el rodillo amortiguador, con su línea central vertical ligeramente adelantada

respecto del último, de tal manera que cuando el grano pasa entre las superficies, la banda queda libre para voltearse hasta que encuentra apoyo sólido en el rodillo. Tanto el desplazamiento como el claro vertical entre los rodillos descortezadores y amortiguadores, pueden ajustarse en forma independiente, con volantes manuales, controlándose así la presión a que se somete el grano, de tal manera que si el ajuste es correcto no se quiebra.

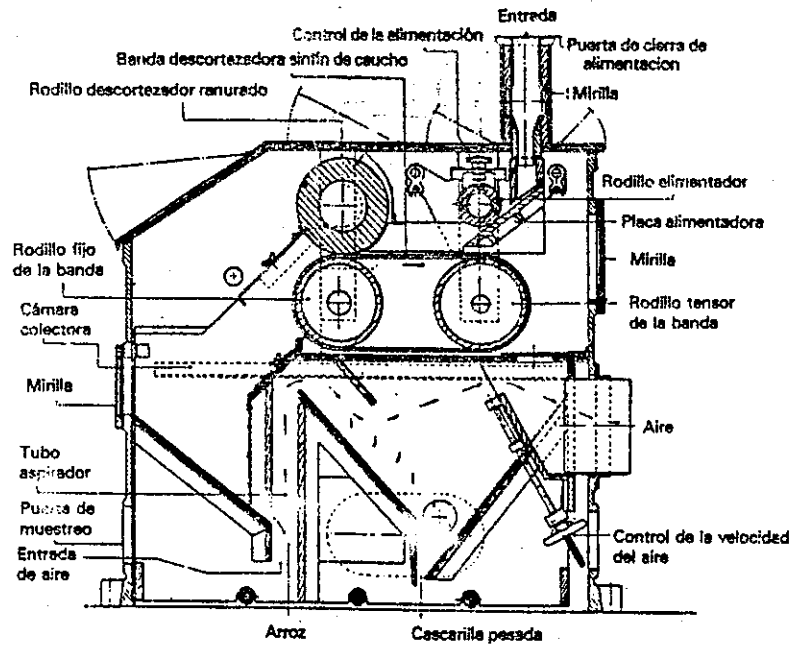


Figura 10. Ilustración seccional que muestra la construcción de la descascaradora.

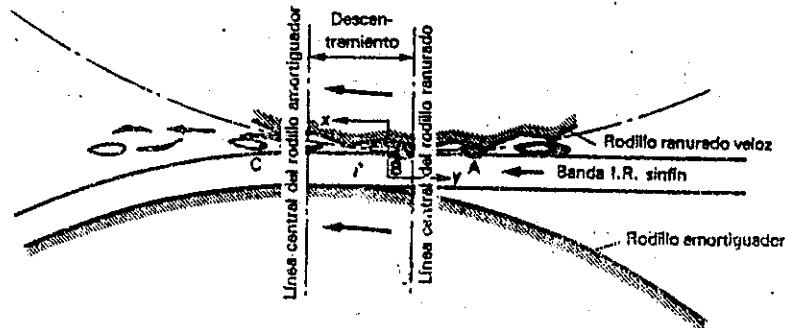


Figura 11. Corte en el punto de descortezado de la descascaradora de arroz.

2.3.6 Separación de cáscara

El separador de cáscara es la máquina encargada de eliminar la cáscara del grano y los granos inmaduros mediante combinaciones de corrientes de aire.

2.3.7 Separación de paddy

El separador de paddy se basa en el principio de la diferencia en pesos específicos que existe entre el arroz cáscara y el arroz moreno, desarrollando de esta manera, una adecuada separación, conduciendo el grano con cáscara (arroz moreno) al blanqueador y al arroz paddy, granza o arroz con cáscara, nuevamente a la descascaradora.

2.3.8 Blanqueado

Los blanqueadores son los encargados de quitar del arroz moreno, una película fina grasosa de color gris plata o, a veces, rojo, dependiendo del número de pasadas, por esta máquina, el grado de blancura que se quiere conseguir en el producto final.

El grano de arroz tiene una serie de capas delgadas que se quitan todos o, en parte, durante el proceso de perlado o blanqueado. De hecho, ese grano tiene cinco capas muy delgadas que juntas forman la cubierta o cutícula, a saber: el epicarpio, el mesocarpio, la capa transversal, el tegmen y la capa de aleurona. La mayor parte de ellas se quitan en el proceso de blanqueado.

El cono perlador de arroz es la máquina estándar para moler ese grano. En dicha máquina la cutícula es removida por medio de conos, por lo general de hierro colado, montados sobre un eje vertical y que lleva en su superficie externa una cubierta de esmeril artificial. Ese cono gira dentro de una carcaza forrada con una tela de acero especial que deja un espacio anular circundante al cono, el cual gira a alta velocidad. El arroz se alimenta por la parte superior,

pasando al espacio anular que queda entre la cara abrasiva y la carcaza. En esa forma el arroz es "molido"; esto es, se le quita la cutícula. La harina o salvado resultantes son impulsados a través de la malla y recogidos en forma automática en sacos. Para obtener arroz blanco se pone a la carcaza una serie de frenos ajustables, los cuales tienen el efecto de aumentar la acción de molienda o de raspado. Cuando se produce el arroz blanco, los conos se trabajan en serie de dos o tres y en ocasiones más, según lo que requieran las normas de acabado del producto. El espacio que hay entre el cono molidor y la carcaza es ajustable, de tal manera que su forma de operación puede cambiarse, subiendo o bajando el cono. Entre menor sea la distancia que separa al cono de la carcaza, mayor será el grano de molienda, así como la cantidad de arroz quebrado y salvado que se produzcan, en relación al arroz blanco.

2.3.9 Pulido

Las pulidoras son las encargadas de quitar las partículas de harina que quedan adheridas al grano, para darle un aspecto brillante.

Si se quiere que el arroz tenga un aspecto muy bueno, se pasa el grano por una máquina pulidora. Esta es semejante a un cono perlador, excepto que, en vez de tener un cono de piedra o recubierto de esmeril, consiste en un barril forrado con tiras de piel de oveja. El arroz se frota entre la piel y la carcaza y con ello se pule. Los ejes se pueden ajustar, verticalmente, como en los conos pulidores, variando así el espacio entre el cilindro y la carcaza. En el proceso se obtiene algo de arroz quebrado que, después, se separa. Donde se requiera dar al arroz una presentación aún mejor, se usan dos o tres pulidoras y, en la última máquina de la serie, se le agrega una pequeña cantidad de materia colorante seca que le imparte mayor blancura.

2.3.10 Aspiración

Las aspiradoras eliminan la harina o afrecho que va desprendiendo el grano a medida que el arroz va pasando por las distintas etapas de pulido, dejándolo blanco y completamente limpio.

2.3.11 Clasificación por categoría

La clasificadora elimina la puntilla de arroz y separa los granos enteros de los quebrados, dejando el grano listo para ser pesado y empacado. El arroz que se obtiene de las pulidoras es una mezcla de grano entero y quebrado que tiene que separarse, pero, conservando en el producto final cierta proporción de quebrado, de acuerdo con las normas con que se vaya a vender. Esta separación y clasificación se hace mediante una serie de cilindros que tienen perforaciones de diferentes tamaños, las cuales paso a paso, permiten la salida del grano más pequeño hasta que al final descarga el arroz entero que contiene el porcentaje correcto de grano quebrado.

2.4 Arroz precocido

El significado de precocción es exactamente lo que su nombre indica, arroz que ha sido cocido parcialmente. El proceso consiste en humedecer el arroz cáscara en agua hasta que esté saturado, drenar el exceso de agua y, luego, someterlo a calentamiento con vapor o agua caliente para gelatinizar el almidón del grano. Finalmente, el grano se seca y, luego, se continúa el mismo proceso del arroz blanco.

El precocido conduce a muchos cambios en las propiedades del arroz y no es exagerado decir que el grano de arroz, después de precocido, es un grano totalmente diferente. Los principales cambios se pueden resumir así:

1. los granos de arroz pulido que son un poco opacos, se vuelven cristalinos, translúcidos, duros y de una tonalidad ámbar;
2. se incrementa el rendimiento de arroz entero hasta un 90%;
3. aumenta el contenido de vitamina B(Boro), P(Fósforo) y Ca(Calcio) y, por ende, mejora la calidad nutritiva;
4. mayor contenido de aceite en el salvado;
5. la hidratación y el comportamiento en cocción, la calidad comestible y la calidad del producto son alteradas.

La intensidad en la mayoría de estos cambios está relacionada con la naturaleza y severidad del tratamiento.

2.4.1 Propiedades físicas del arroz precocido

El arroz precocido se procesa en la misma forma que el arroz blanco con la única diferencia que antes de iniciar el proceso de molinería se somete a un sistema de maseración lo que significa que el arroz con cáscara es depositado en una caldera que se encuentra a altas temperaturas, luego, se vacía el agua y el arroz se pone a enfriar para continuar con el proceso normal de molinería.

El arroz precocido es ligeramente más corto y ancho que el arroz crudo; por esta razón el arroz precocido parece más grueso y redondo después de la cocción. Los granos de arroz, que son un poco opacos, se vuelven algo cristalinos y translúcidos después de la precocción. Las áreas yesosas se vuelven translúcidas. Probablemente los gránulos de almidón se gelatinizan y rompen los cuerpos proteínicos adheridos, unos a otros, para formar una masa compacta, reduciéndose, así, la dispersión de luz en los límites de los gránulos.

El endurecimiento del arroz es otro efecto bien conocido ocasionado por la precocción. La dureza es proporcional a la severidad del tratamiento con calor durante el procesamiento.

Con la precocción, el arroz toma un color amarillo claro o ámbar. Este cambio de color parece ser causado, principalmente, por el nivel relativamente alto en la reducción de azúcares y aminoácidos y el tratamiento con calor. Sin embargo, los pigmentos de la cáscara pueden contribuir en forma parcial, ya sea por difusión dentro del endospermo o porque son absorbidos por el endospermo al partirse la cáscara durante el humedecimiento.

Las condiciones de procesamiento durante la precocción determinan también la intensidad del color. Las condiciones de humedecimiento y vapor, moderadas, dan un color leve, mientras que las condiciones severas dan una decoloración más profunda, lo cual puede ser causado en parte por el resquebrajamiento de la cáscara a temperaturas por encima de 70°C y la consecuente absorción de los pigmentos de la cáscara, disueltos por el endospermo.

2.4.2 Ventajas y desventajas de la precocción

Resumiendo se acevera que las ventajas son las siguientes:

1. el descascarado es más fácil;
2. el quebrado del grano durante la molienda se reduce bastante;
3. el arroz precocido posee grandes cantidades de vitamina B y minerales, especialmente, Ca, P y Fe;
4. se reducen las pérdidas de nutrientes cuando se lava;
5. los granos permanecen enteros después de la cocción y se reduce la pérdida de sólidos en la cocción con agua;
6. el arroz precocido es apropiado para la preparación de productos enlatados;
7. el salvado contiene más aceite;
8. al cocinarse una porción de arroz precocido, rinde más que una de arroz no precocido.

Sin embargo, también tiene ciertas desventajas:

1. el arroz descascarado necesita más tiempo y más energía para pulirlo;
2. tiende a tupidar las mallas durante el pulimento;
3. el arroz sobremolido es aceitoso y poco atractivo;
4. el arroz necesita más tiempo y, por lo tanto, más energía para cocinarse;
5. es propenso a la rancidez, esto es, se altera con mayor facilidad.

2.4.3 Proceso del arroz precocido

Se tienen dos calderas de vapor de 100 HP, éstas producen vapor que calienta el agua en un tanque. Se traslada de un silo de almacenaje el arroz con cáscara por medio de un transportador horizontal (conveyor) hacia tres clasificadoras. La primera clasificadora separa el pozol y la granza, la segunda, separa el granillo y, la tercera, el arroz de primera y el arroz de rechazo. Después de clasificado el arroz se traslada a los tanques de precocido por medio de elevadores; los tanques tienen una capacidad de 50 qq y 700 galones de agua cada uno. Contienen agua caliente, la cual es llevada a los mismos por medio de una bomba que la traslada de un tanque principal de 5,000 galones y, a su vez, éste tiene una entrada de vapor directamente de las calderas. Se traslada el arroz con agua caliente por medio de transportadores y elevadores de acero hacia una válvula de cuchillas para el cocinado final del arroz. El arroz pasa a una secadora rotativa, la cual enfría el arroz para ser trasladado a cuatro secadoras verticales con capacidad de 150 qq cada una y, finalmente, a una última secadora con capacidad de 500 qq para quedar el arroz listo para continuar con el proceso normal de molinería de arroz blanco. Cabe mencionar que el proceso de arroz precocido se realiza con el grano sin descascarar y, por consiguiente, no pasa por la descascaradora ni por el separador de cáscara. Una caldera de 100 HP es recomendada para la capacidad de esta planta. Se recomienda contar con otra caldera igual para que trabajen alternamente y, así, realizar mantenimiento preventivo.

A continuación se presenta el diagrama del proceso de precocción sin la parte que corresponde al proceso de molinería de arroz blanco ya que dicho proceso fue representado en la distribución de la planta.

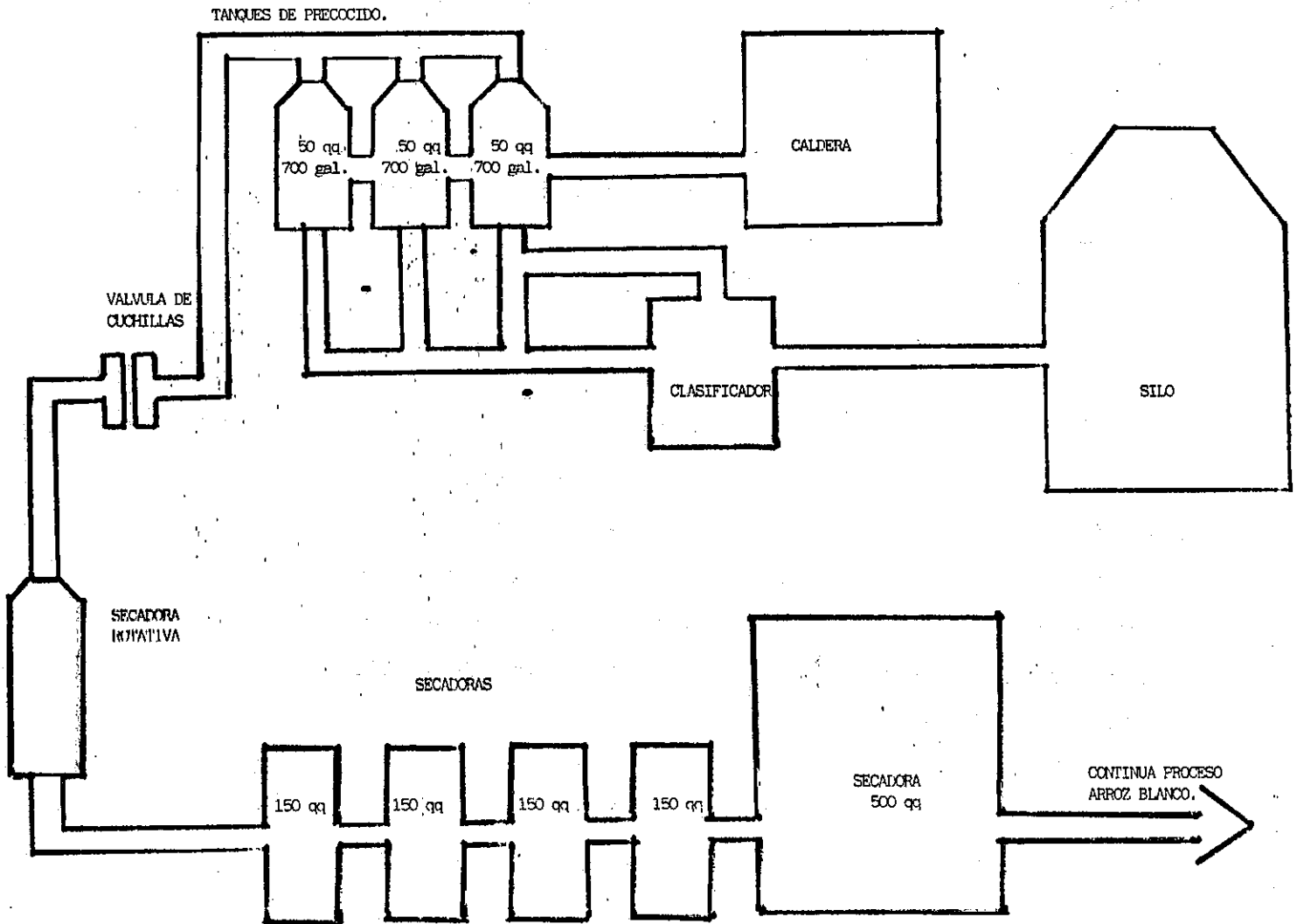


Figura 12 Diagrama del proceso de precoccido

2.5 Control de calidad del arroz

Control de calidad es el proceso de regulación a través del cual podemos medir la calidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia. Es un sistema eficiente para el creciente trabajo dedicado al desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de la calidad de los distintos grupos dentro de una organización, para permitir que la producción y los servicios se realicen en los niveles más económicos que lleven a la satisfacción completa del cliente.

Calidad es el juicio que tienen los clientes o usuarios sobre un producto o servicio; es el punto en el que sienten que sobrepasa sus necesidades y expectativas. También comprende el mejoramiento interminable del proceso ampliado de una firma. Este término se refiere a la ampliación de la organización para incluir a sus suministradores, clientes, inversionistas, empleados y toda la comunidad.

Grist ⁽⁵⁾, en 1,982, afirma que la calidad molinera del arroz en granza (palay) depende de la forma y del tamaño del grano, es decir, la variedad, de las condiciones en que fue cultivado, del grado de madurez y del tiempo que se haya expuesto al sol. La sobremadurez y la exposición excesiva al sol son conducentes al desarrollo de rajaduras en el grano, lo que, a su vez, produce una ruptura excesiva en el molino. La edad del grano, su contenido de humedad y las condiciones en que se ha secado y almacenado, también afecta la calidad molinera del arroz.

Un arroz es de buena calidad molinera si durante el proceso de descascarillado y pulido da un rendimiento mayor de 50% de granos enteros y pulido, en molino experimental, y, más de 65% en molino comercial.

(5) Grist, D.H.: Arroz. 1982

Según la Universidad de Filipinas, la molienda o eliminación de la cubierta exterior o cáscara y de la cubierta de las semillas (salvado) de los granos de arroz en granza, comprende dos operaciones separadas, las cuales son necesarias para transformar el arroz en granza y darle una forma adecuada para el consumo humano.

Las operaciones en la molienda del arroz son las siguientes:

- a. descascaramiento: eliminación de la cubierta exterior del arroz en granza (palay);
- b. pelado: eliminación del salvado;
- c. pulido: separación de la capa interna de la cubierta de las semillas (salvado muy fino) para que la superficie quede limpia y brillante;
- d. recuperación total de molienda o rendimiento de molino (RM%)
es la relación entre el arroz molido que se recupera a partir de la cantidad original y el arroz en bruto (cantidad original) Se determina mediante la ecuación:

$$\text{Rendimiento de molino} = \frac{\text{arroz limpio}}{\text{arroz bruto}} \times 100$$
- e. recuperación de granos enteros o índice de pilada (IP%)
se refiere a los granos completos o de más de 3/4 partes de longitud que se recupera a partir de la cantidad original de arroz en bruto, expresado también en porcentaje;
- f. granos rotos: se refiere a los granos de arroz blanco, hasta menos de la mitad de su longitud original;
- g. arroz café: se trata de los granos a los que solamente se ha quitado la cáscara;
- h. arroz en granza o palay: es el arroz en bruto o el grano con cáscara, a partir del cual se inicia el proceso de molinería.

El mejor rendimiento en un molino arrocero se obtiene mediante una adecuada calibración y mantenimiento de las máquinas que componen el molino, para lo cual, es de gran importancia contar con un operario calificado, ya que pequeñas variaciones en los rendimientos de molino afectan notoriamente las entradas del mismo, ya que el precio del arroz blanco entero es muy superior al partido o a la harina.

A manera de guía, los rendimientos que se pueden obtener de un 100% de arroz en granza, con 13% de humedad, en un molino arrocero pueden ser:

- 58 a 60% de arroz entero (excelso o corriente)
- 20 a 23% de cascarilla
- 8 a 10% de arroz partido grande o cristal (1/2 ó 3/4 de largo)
- 2 a 4% de arroz partido pequeño (menos de 1/4 de largo)
- 6 a 8% de harina de blanqueo o pulimento
- 1% de impurezas, polvos y vanos.

Los rendimientos citados son los obtenidos industrialmente, donde el arroz cáscara inicial se ha secado y sometido a un proceso de prelimpieza. El arroz entero es el que tiene más de 3/4 del tamaño del grano.

En base a los estudios e investigaciones realizadas se ha podido encontrar que en los molinos arroceros en Guatemala no existen laboratorios donde se puedan realizar pruebas y llevar un control de calidad estricto, más bien el control de calidad se realiza en forma empírica, tanto al llegar el arroz al molino, como cuando termina el proceso. Si bien es cierto que cuentan con aparatos estándares que determinan la calidad del arroz y tienen establecidas las normas internacionales para clasificar el arroz no utilizan procedimientos de muestreo para poder obtener resultados de calidad cada vez que se realice un proceso y en base a lo obtenido tomar decisiones que lleven a mejorar el proceso.

2.5.1 Aparatos estándar que determinan la calidad molinera del arroz.

1.- El determinador de mermas Carter.

El determinador de mermas Carter consiste en una serie de cribas y corrientes de aire y se utiliza para separar las semillas de malezas y otro material extraño del grano. Una vez que el grano ha pasado por esta máquina se pasa a la descascaradora.

2.- La descascaradora McGill.

La descascaradora McGill es una máquina pequeña que quita sólo las glumas, dejando el grano con su salvado y germen, intactos. Este aparato se emplea también para determinar el grado de calidad del arroz pardo (sin pulir) que se puede conseguir de una muestra de palay (grano con cáscara).

3. El molino de arroz McGill.

Para la tercera etapa de la determinación de la calidad del palay, se utiliza el molino McGill el cual quita el germen y el salvado de una manera muy semejante al descascarador de un molino comercial. El tiempo de operación se controla con exactitud.

4. El clasificador de tamaños.

El paso final para el análisis es la determinación del grano entero (IP%) y del rendimiento total de arroz (RM%), mediante el clasificador de tamaños.

Las placas clasificadoras empleadas en este aparato están construidas, de tal manera, que en las ranuras en las que caen los granos pardos de diferentes tamaños, son de una medida y forma que hacen posible efectuar una separación definida y uniforme por tamaños. Con esa máquina es posible determinar las cantidades de arroz para cervecería, los desperdicios de criba, el arroz quebrado y el arroz entero de una muestra.

2.5.2 Términos utilizados en el proceso de molinería

Relativos al arroz descascarado

Los términos más utilizados en la molinería del arroz para realizar el control de calidad son los siguientes:

- arroz descascarado.

Granos enteros o rotos de los que la cáscara y al menos la capa exterior de salvado y una parte del germen han sido retirados; con no más de 1% de materias extrañas entre las semillas;

- binlid.

Arroz descascarado cuyo tamaño va de menos de 1/2 a 1/4 de un grano entero;

- rotos.

Arroz descascarado de un tamaño que va de menos de 3/4 a 1/2 de grano entero;

- granos cretáceos.

Arroz descascarado con 25% o más de porción blanca;

- color y aspecto general.

Arroz descascarado con aspecto blanco o cremoso, ligeramente grisáceo, gris claro o gris oscuro;

- granos duros.

Granos con menos del 2% de blanco;

- materia extraña.

Impurezas tales como semillas de malas hierbas, piedras, arena, polvo, etc., que son extrañas al arroz descascarado;

- arroz de cabeza.

Grano no inferior a las 3/4 partes de los granos enteros;

- grano.

La porción comestible de un grano de arroz;

- grado de molienda.

El punto en que se encuentra el grano de arroz después de separar las diferentes capas de salvado que lo cubren, como resultado de las operaciones de pulido;

- otras variedades.

Granos que pertenecen a variedades distintas a las incluidas en estas especificaciones;

- arroz palay o sin descascarar.

Granos no descascarados;

- arroz rojo.

Arroz con cualquier tonalidad rojiza;

- porciones blancas.

La porción blanca del arroz, en contraste con la translúcida. Puede ser abdominal, dorsal o central;

- granos amarillos y/o dañados.

Arroz descascarado, amarillento, dañado por la fermentación, el calor y/o el agua, los insectos o medios mecánicos;

2.5.3 Requisitos generales

1. No debe haber mezcla de variedades.
2. El contenido de humedad para todos los granos no debe sobrepasar el 14%; el grado subestándar no debe sobrepasar el 15%.
3. No debe tener olor desagradable o repulsivo.
4. Debe estar libre de infestaciones de insectos vivos.
5. La unidad de comercio deberá ser cualquier peso expresado en libras, arrobas o quintales.

2.5.4 Clasificación y distribución en grados

- a. El arroz descascarado deberá ser de los tipos siguientes, basados en los tamaños del grano.
 - a.1 tipo I.- Grano largo. La longitud deberá ser de más de 5.9 mm.
 - a.2 tipo II.- Grano medio. La longitud va de 5.0 a 5.9 mm.
 - a.3 tipo III.- Grano corto. La longitud deberá ser inferior a 5.0 mm.

- b. Todos los tipos de arroz descascarado deben agruparse como sigue:
- b.1 tuperior. Los granos tienen un aspecto uniforme y duro y son brillantes, lustrosos, translúcidos o de color blanco cremoso;
 - b.2 especial. Los granos tienen un color uniforme, blanco, blanco cremoso o gris ligero;
 - b.3 ordinario. Los granos tienen un color blanco a blanco mate o gris claro;
 - b.4 inferior:
 - b.4.1 arroz descascarado con pericarpios coloreados, sin tomar en cuenta sus características de cocción y si son o no translúcidos;
 - b.4.2 arroz descascarado que ha perdido color, debido al manejo y el almacenamiento.
- c. El tipo I se divide en : especial, ordinario e inferior.
- d. Los tipos II y III se dividen en: superior, especial, ordinario e inferior.
- e. Cada grupo de arroz descascarado debe conformarse a las clases siguientes, de acuerdo con el grado de descascaramiento, pelado y pulido.
- e.1 Primera clase: arroz descascarado y pulido, con bordes suaves y brillantes, sin franjas ni líneas; materia extraña y salvado de 0 a 0.5%.
 - e.2 Segunda clase: arroz descascarado y pulido, con un borde bastante liso; con dos o tres franjas; con puntos o color café y salvado adherido a los granos.
 - e.3 Tercera clase o arroz café: primera etapa en la molienda, donde sólo se separa la cáscara, dejando una capa delgada de cubierta de la semilla; muy áspero, de color café y lleno de rayas.

- f. Cada clase de arroz descascarado debe recibir la asignación de un grado, de acuerdo con las descripciones siguientes:
- f.1 grado 1: arroz entero no menos del 90%; los granos de 3/4 no deben ser más del 5%; arroz roto, 10%; granos amarillentos y dañados, 0.25%; traza de granos cretáceos; otras variedades, 2%; sin materias extrañas; sin arroz rojo; contenido de humedad no mayor de 14%;
 - f.2 grado 2: arroz entero no menos del 80%; los granos de 3/4 no deben ser más del 5%; arroz roto, 20%; granos amarillentos y dañados, 0.5%; sin binlids; granos cretáceos, 5%; arroz sin descascarar, 1 grano por 500 gramos; otras variedades, 4%; traza de arroz rojo; materias extrañas, 0.5%; contenido de humedad, no más del 14%;
 - f.3 grado 3: arroz entero no menos del 70%; los granos de 3/4 no deben ser más del 5%; arroz roto, 30%; binlids, 0.5%; granos amarillentos y dañados, 0.75%; arroz sin descascarar, 2 granos por 500 gramos; granos cretáceos, 15%; otras variedades, 5%; arroz rojo, 0.5%; materias extrañas, 0.75%; contenido de humedad no superior al 14%;
 - f.4 grado 4: arroz entero no menos del 60%; los granos de 3/4 no deben ser más del 5%; arroz roto, 40%; binlids, 1.5%; granos amarillentos y dañados, 1%; materias extrañas, 1%; contenido de humedad no superior al 14%;
 - f.5 grado 5: Arroz entero no menos del 50%; los granos de 3/4 no deben ser más del 5%; arroz roto, 50%; binlids, 3%; granos amarillentos y dañados, 3%; granos cretáceos, 30%; arroz sin descascarar, 4 granos por 500 gramos; otras variedades, 15%; arroz rojo, 5%; materias extrañas, 2%; contenido de humedad no superior al 14%;
 - f.6 grado subestándar: arroz descascarado que no satisface los requisitos anteriores y tiene un contenido de humedad del 15%.

3. ANÁLISIS Y MEJORAS EN EL PROCESO INDUSTRIAL DE UN BENEFICIO DE ARROZ.

Las secuencias que se siguen para el pilado del arroz en Guatemala están caracterizados por procedimientos empíricos, de los que resultan productos de muy baja calidad; pero que con un procesamiento adecuado y sin un aumento significativo en el costo, puede mejorarse hasta competir con los importados, se desarrollarán las consideraciones indispensables para obtener un producto de alta calidad, mediante un diseño adecuado para una planta de procesamiento de arroz.

Problemas que se tienen en la compra del arroz.

La calidad, pues, se deben mantener los estándares de la marca y, a veces, el grano secado en forma rápida se hace muy quebradizo. Dentro de este tema de la calidad también están las variedades que se usan, muchas de ellas ya totalmente degeneradas por la constante resiembra y esto afecta la homogeneidad del grano presentado y su aptitud molinera.

Los rechazos por calidad del grano y los descuentos por humedad e impurezas.

El arroz lo vienen a ofrecer a las puertas del molino, ocasionalmente, importan grano en granza para completar sus necesidades. En general no tienen inconvenientes para comprar todo el grano que desean dentro de las posibilidades de la oferta, pues, pagan un poco mejor que otros medianos y pequeños beneficios.

La compra del grano se hace con certificación de calidad hecha por el molino. Se paga en efectivo y no se hacen contratos de producción con productores. En general, no hay un problema

significativo de oferta interna o, sea, que haya una falta de arroz considerable en el mercado, aunque se anticipa en el corto plazo una disminución de la producción interna.

El precio es fijado por el molino en función del precio que se esté pagando o pueda pagarse por el arroz oro, es decir, el productor no negocia el precio, sino que su mecanismo es vender el grano al molino que le ofrezca el mejor precio. En general, la calidad y los descuentos no se discuten, la negociación es transparente.

Dada la magnitud de estos molinos arroceros los procesos internos son probablemente los mejores a nivel nacional pero aún necesitan mejoras y un poco de modernización, de tal manera que a este nivel no le cueste el poder competir en los mercados internacionales y dentro de estos con preponderación el mercado regional. Dentro del proceso es necesario destacar la producción de arroz oro y la de precocido. La empresa que puede producir ambos tiene una clara ventaja en el mercado, pues, el precocido es muy buscado por algunos consumidores.

En general, no existen problemas de plagas ni de su control que es muy eficientemente controlado por las empresas que ofrecen este servicio, generalmente, la misma que vende el producto. Dado el tamaño de la empresa los vendedores de agroquímicos compiten entre sí para mantener clientes, por lo que la empresa logra arreglos dentro de un tratamiento competitivo. Lo mismo se puede decir del mantenimiento de las maquinarias y planta (silos, etc.) con acceso a técnicos especializados para el equipo más sofisticado.

En general, la empresa contrata personal más permanente para realizar las tareas más delicadas (manejo de maquinarias y equipos, administración, etc.) y las cuadrillas en temporada para el movimiento del grano. Al personal calificado se paga salarios competitivos, por lo que no existe problemas en la disponibilidad del mismo, lo mismo para el caso de la mano de obra no calificada.

Dado el hecho de que este nivel de empresas tiene, generalmente, marcas y también vende arroz precocido, su participación en el mercado se da a tres niveles: uno, el de mayor volumen, a los compradores (bodegueros) de los mercados de la Terminal y Veintiuna calle; otro, de menor volumen, a los supermercados y, finalmente, la exportación a los países de la región.

La empresa tiene un departamento de ventas que se encarga de las promociones del producto y la constante evaluación de las opciones del mercado. En general, el producto es entregado en la bodega del comprador, siendo el costo, asumido por el vendedor.

En relación con las ventas a los bodegueros de los mercados locales, las ventas se hacen generalmente, al precio que ofrece el bodeguero, no existe posibilidades de negociación para el arroz oro en sacos o aún el empacado con marca. Se puede tener alguna preferencia si se puede ofrecer el producto de calidad que se está buscando en ese momento en el mercado o si, por ejemplo, se puede ofrecer alguna franquicia en la venta conjunta de oro y precocido, como en uno se gana, en el otro se pierde, pero en el promedio se consigue un precio mejor. Por lo tanto, el mercado del arroz es competitivo para los molinos en términos de precio y calidad establecida, con el arroz local y el arroz importado, cuya calidad, si es americano, es muy buscada. Se hace notar que los precios del arroz son los únicos que han bajado a través de los años a pesar de la inflación y esto es debido a la competencia.

Esta competencia es dada por los molinos de la capital y del interior del país que procesan grano nacional e importado. Hay alguna competencia por el grano oro importado de contrabando debido a los grandes diferenciales de precio. Aquí es necesario resaltar la necesidad de un mayor control aduanero sobre la importación y el pago de impuestos.

A nivel de venta de los supermercados, el volumen es mucho menor y, también, la competencia, pues no son todos los molinos los que fraccionan el arroz y lo venden con marca. La diferencia está dada por la imagen de la empresa a través del tiempo.

3.1 Análisis del proceso industrial del arroz

Con base en investigaciones realizadas se ha obtenido el dato de que la industria arrocera en los seis países del istmo centroamericano, en un 80% está deteriorada, en mal estado y con más de 30 años de uso. Un 15% fue montada en la década del 70 y un 5% en la primera década del 80.

En un 95% los molinos existentes son ensamblajes de máquinas de diversas marcas, sistemas y capacidades que impiden una operación balanceada que reduzca los costos, principalmente, en energía.

El 90% o más de los molinos no son el resultado de investigaciones técnicas sobre localización, diseño y dimensionamiento, razón que explica la gran cantidad de molinos cerrados, subutilizados y con ineficiencias técnicas que afectan la calidad del arroz.

La totalidad de los molinos usan sistemas de secamiento continuo recirculando y sin reposo. Este sistema, además de ser más costoso por el bajo rendimiento de la secadora, consume más combustible y aumenta el porcentaje de grano partido en la molinería.

No cuentan con equipo completo de laboratorio que permita: determinar las características de la materia prima al momento de la compra; las mezclas que deberían hacerse antes del procesamiento para obtener calidades acordes a las exigencias de los mercados y, hacer análisis para controlar el funcionamiento de los diferentes equipos durante el procesamiento, a fin de evitar pérdidas de calidad por deficiencias en los equipos.

Más del 80% de los molinos arroceros son administrados por sus dueños, los cuales tienen muchos años de manejar "su negocio", pero, no tienen los conocimientos básicos sobre las técnicas de secamiento, tratamiento, conservación y elaboración del arroz, lo que ha generado que hagan

inversiones innecesarias, que no hagan otras necesarias, que no capaciten su personal técnico, lo supervisen y que no controlen los costos de producción a partir de parámetros de rendimiento.

Los costos de elaboración por quintal producido corresponden a niveles de utilización de la capacidad instalada de un 64% en promedio, lo que significa que dichos costos podrían reducirse casi a la mitad de utilizarse a plena capacidad los equipos.

La diferencia de precios entre un quintal de arroz con 30% de quebrado y un quintal de arroz con 20% de quebrado es de US\$ 2.00 por quintal. Esta pérdida, por baja calidad, es ocasionada por deficiencias en el manejo y elaboración del grano, la cual podría ser eliminada, lo cual significaría vender, al mismo precio, mejor calidad.

3.2 Análisis y mejoras en la humedad del grano en la cosecha.

La humedad que el grano de arroz debe tener en el momento de la cosecha es muy importante, debido a que contenidos inferiores o superiores a los críticos establecidos no darán los resultados satisfactorios de buena calidad y alto rendimiento que se espera alcanzar.

Esta humedad crítica de cosecha, para la obtención de una cantidad mínima de granos quebrados ha quedado establecido por la mayor parte de experimentadores del mundo en 20% como mínimo, y 27%, como máximo, con humedades superiores a 27%, el grano contendrá demasiada "creta", que dará un arroz elaborado de baja calidad. Dejar en el campo para que el contenido de humedad baje de 20% es un problema grave por estar exponiendo al grano a fuertes diferencias de presiones de vapor, entre la parte interna del grano y el medio ambiente por acción del Sol, que provoca rápidas fluctuaciones de la H.R., del aire ocasionando el agrietado del grano, (enyesado, estrellado o blanqueado) precipitación de las proteínas, pérdida hasta del 15% de su

valor nutritivo por deterioro de la carotina, vitamina A y grasas. En los azúcares y carbohidratos tienen lugar cambios físicos y químicos que reducen su digestibilidad y palatabilidad.

Aún cosechando el grano con la humedad óptima, debemos evitarse en lo posible, el someterlo a altas diferencias de presiones de vapor entre el contenido de humedad del grano y el vapor de agua en el aire del ambiente, debido a la alta higroscopicidad del grano que produce migraciones, es decir gana, o pierde humedad cuando la presión de vapor de agua en el espacio que rodea al grano es mayor o menor que la presión de vapor ejercida por la humedad dentro del grano, hasta establecer su equilibrio, representado en la tabla No. 1 que se aplica al arroz con un grado bastante seguro de aproximación.

Tabla No. 1

Cuadro general de humedades relativas de equilibrio de granos

Contenido de humedad del grano	TEMPERATURA		
	4.4°C 40°F	15.6°C 60°F	25°C 77°F
	Humedad relativa %		
17	78	83	85
16	73	79	81
15	68	74	77
14	61	68	71
13	54	61	65
12	47	53	58

El grano cuyo contenido de humedad se encuentra sobre 18% debe considerarse para todos los efectos prácticos existentes bajo las condiciones usuales de secamiento como en equilibrio con aire a 100% de humedad relativa.

Para ilustrar con cifras el principio de que el grano de arroz debe recolectarse lo antes posible, se recurre al siguiente cuadro:

Tabla No. 2

Relación entre el contenido de humedad del grano en el momento de la cosecha y porcentaje de arroz sin quebrar después de descascarado, en Australia.

Días después de la floración	Contenido de humedad del grano en el momento de recolectarlo		Grano sin quebrar después de descascararlo	
	Shive-Pu %	IJuan-Na phingauh %	Shive-Pu	IJuan-Na phingauh %
28	20.8	26.2	99.0	99.4
29	19.9	25.5	97.2	96.1
30	18.2	25.6	83.1	93.3
31	17.2	22.3	83.9	91.2
32	17.8	23.1	84.2	92.8
33	16.6	21.8	83.7	89.8
35	16.2	16.7	82.0	89.0
37	16.0	15.5	81.1	77.6
39	11.8	13.0	78.2	61.9
42	11.6	11.5	52.0	41.0
45	11.1	11.3	41.0	40.0
58	11.1	---	40.3	---

NOTA. Todas las muestras fueron secadas a 12° para el pilado (Lanfield Time of harvest in relation to grain breakage in Millin in 1957, J. Aust. Inst. Agríc. Sci. 23(4): 340-341).

Estos hechos y otros experimentos han dejado establecido que las temperaturas iniciales de secamiento no deben sobrepasar los 100°F (37.8°C) los que conducen a no exponer los granos cosechados por períodos muy prolongados a los rayos directos del Sol, a fin de no someter a los granos a secamientos rápidos y violentos. En caso de no disponer, de inmediato, con medios de transporte, se deben proteger los granos en coberturas o silos secadores donde se efectuará el secamiento previo, utilizando ventilación natural.

3.3 Secamiento

Para el caso del arroz en forma concreta y definida debe señalarse que el secamiento mecánico es el único capaz de controlar la calidad y reducir al mínimo el porcentaje de granos quebrados, como ya se mencionó anteriormente, se utilizan las secadoras de flujo continuo mediante el insuflamiento de aire caliente a través de un quemador y un ventilador.

3.3.1 Sistema recomendado para secamiento de arroz en cáscara

Las más renombradas estaciones experimentales han establecido que la humedad del arroz no debe ser removida por medio de un secamiento rápido y violento, por producirse un alto porcentaje de granos quebrados, como consecuencia del estrellamiento; por lo que se recomienda que la temperatura de secamiento no exceda de 100 a 130°F (37.8 - 54.4 °C) como máximo, siendo preferible utilizar los niveles inferiores entre estas dos cifras y que el secamiento se realice en dos o más etapas, cada una de ellas con una pasada del grano por la secadora. Entre una y otra etapa de pasada del grano por la secadora debe mantenerse el grano en descanso por 6 a 24 horas, lo que se denomina período de "temple" durante el cual la humedad se equilibra entre todos los granos permitiendo un secado más rápido en el próximo paso por la secadora.

Este proceso de estabilidad o uniformidad está basado en que algo de la humedad del grano se mueve desde el centro del grano hacia las capas exteriores, desde donde es más fácilmente removido cuando el proceso de secamiento se reanuda nuevamente.

Este sistema, generalmente, es capaz de duplicar la capacidad de cualquier secadora comercial.

Se recomienda mantener en óptimas condiciones los medidores de temperatura (termopar) de los silos, para evitar mala calidad del arroz, gastos innecesarios de energía y combustible por no conocer con exactitud la temperatura en la que se encuentra el arroz lo que conlleva no saber cuándo se debe mover o darle vuelta al arroz o evitar que se caliente demasiado para que no se quiebre en el proceso de molinería, ya que cuando el arroz se seca en exceso se vuelve quebradizo y afecta la calidad del mismo.

3.4 Almacenamiento

Por experiencias realizadas, el arroz cáscara, adquiere mayor resistencia a la compresión después de dos meses de almacenamiento, factor que contribuye a la obtención de una mayor eficiencia en el pilado y que puede ser aplicado en Guatemala sin mayor costo para la planta de procesamiento, debido a que las cosechas son temporales, debiéndose recibir en 3 ó 4 meses los volúmenes totales que serán pilados.

En este aspecto los molinos no presentan ningún tipo de problema o característica que pueda mejorarse ya que cumplen con todos los requisitos de higiene y seguridad los cuales se deben tener en cuenta en el almacenamiento del arroz cáscara.

3.5 Mejoras en el proceso de pilado

3.5.1 Separación de los procesos de arroz blanco y precocido

Los molinos que actualmente se encuentran funcionando tienen una capacidad que oscila entre 2 - 4 toneladas/hora (40 - 80 quintales/hora) aquí se procesa el arroz blanco y el arroz precocido con una sola línea de producción razón por la cual se trabajan 24 horas diarias para sacar un día la producción del arroz blanco y al siguiente la del arroz precocido.

El tener las dos clases de arroz procesándose en un mismo molino implica un gasto excesivo de energía eléctrica, horas extras, pago de triple jornada; todo esto para cumplir con la demanda del mercado.

Con base en los estudios realizados se ha llegado a la conclusión que para mejorar la producción, obtener mejor calidad, un mayor rendimiento e índice de utilización más alto, se debe separar, definitivamente, el proceso del arroz blanco del arroz precocido, para lo cual es recomendable la construcción e instalación de otro molino con mayor capacidad (10 toneladas/hora = 200 quintales/hora).

Tomando en cuenta que los molinos que actualmente procesan arroz blanco y arroz precocido en un mismo beneficio, se encuentran sobrecargados de producción y con más de 30 años de funcionamiento, se ha llegado a la conclusión de que es necesario invertir en la construcción e instalación de un nuevo beneficio exclusivamente para proceso de arroz blanco que oscile entre 8 a 10 toneladas/hora de capacidad de producción, con lo cual se espera suplir con mayor eficiencia la demanda del mercado y tener la opción, en este caso, de producir variedades de arroz que puedan venderse, nacional e internacionalmente. Se estima que considerando el valor actual de los equipos (Satake, Carter, etc.) a los cuales se les carga un valor de amortización, interés y mantenimiento, los márgenes de comercialización existentes permiten en el país cubrir los

costos y generar diferencias positivas a favor de los molineros que representan tasas de rentabilidad altas para este tipo de inversión. El uso de variedades de alto rendimiento en molinería (por lo menos las usadas en Costa Rica) podría representar para Guatemala una reducción en el costo del arroz blanco entre un 2 y 4%. La producción escalonada de arroz costo permitirá reducir los costos (financieros) de elaboración de arroz blanco en US\$ 1.30 por qq en promedio. La maquinaria y equipo para un molino de arroz de 8 a 10 toneladas/hora recomendados, internacionalmente, por la empresa japonesa SATAKE es la siguiente:

3.5.2 Pre-limpiador de Paddy

La limpiadora de Paddy es mayormente usada en el proceso de pre-limpieza del arroz cáscara o para extraer cuerpos extraños del paddy no pulido. La mayoría de las impurezas, sin tener en cuenta su tamaño, son totalmente extraídas al pasar el paddy por las diferentes etapas de la criba vibratoria con púas, el separador, el aspirador y el cedazo incorporado a esta máquina.

Características

1. La paja y las impurezas son totalmente eliminadas.
2. Como pre-limpiadora, su capacidad es amplia y totalmente conveniente.
3. Escobillas móviles de nylon impiden el atoro de las cribas.
4. No necesita mayor mantenimiento.

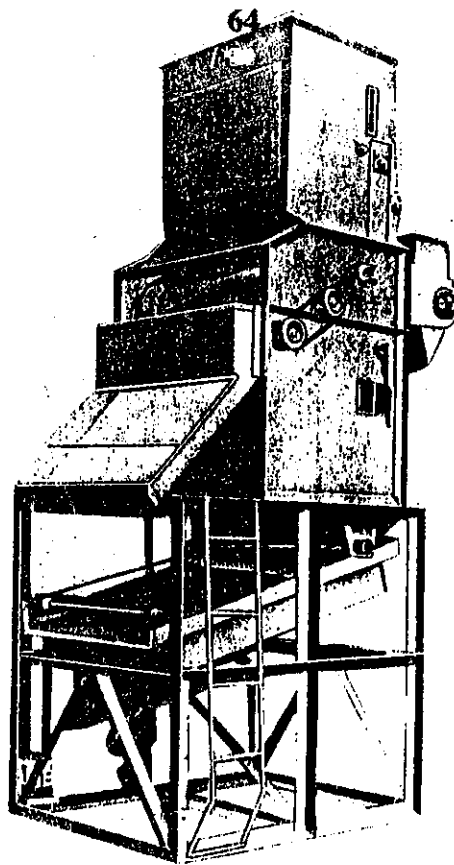


Figura 13. Pre-limpiador de paddy

Construcción

El flujo del paddy se hace uniforme a través de la válvula rotativa y los cuerpos extraños contenidos en el mismo se separan por efecto de la criba vibratoria con púas antes de ser encauzado al separador rotativo. Los cuerpos extraños y, comparativamente las impurezas de mayor tamaño, son expulsadas por el separador rotativo y descargadas por el ducto de salida. Los pequeños cuerpos extraños y las impurezas livianas son expulsadas por el aspirador. El paddy cae sobre la criba vibratoria longitudinal y las impurezas como arena y piedras son extraídas por intermedio de la criba vibrante.

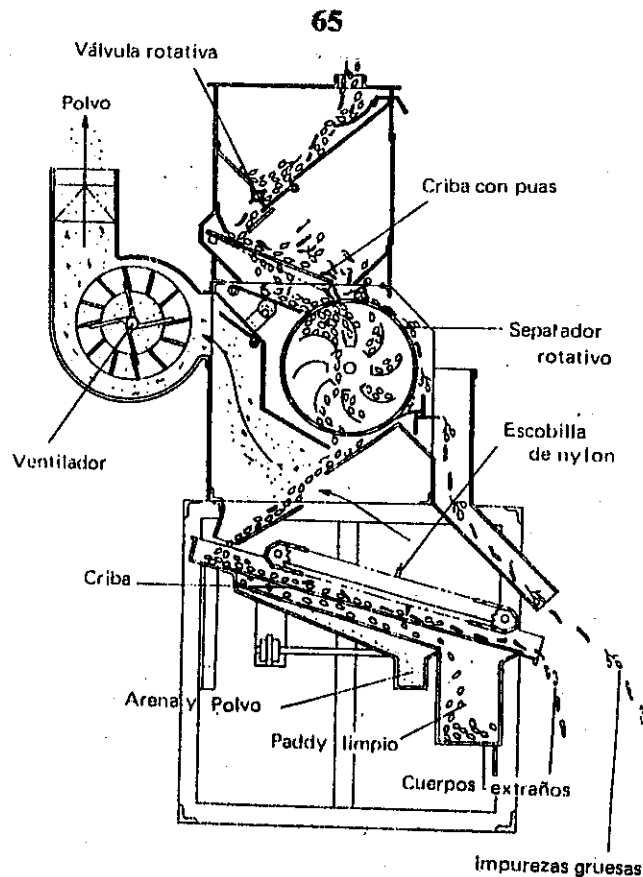


Figura 14. Diagrama del pre-limpiador de paddy.

3.5.3 Separador de piedras

Actualmente, sólo se utiliza el separador magnético. Como el nombre lo indica, esta máquina se usa para separar las piedras contenidas en el grano. Como una separación total de las piedras de los granos es casi imposible obtenerla por medio de los sistemas convencionales de zarandas, esta máquina ha adoptado una técnica especial basada en la gravedad específica de los materiales. Este sistema trabaja extremadamente bien, ya que la gravedad específica de las piedras respecto de los granos es diferente.

Características

1. Perfecta acción de limpiado.
2. Construcción robusta.
3. Inclinación de la criba ajustable para aumentar la diferencia.
4. Operación rápida.

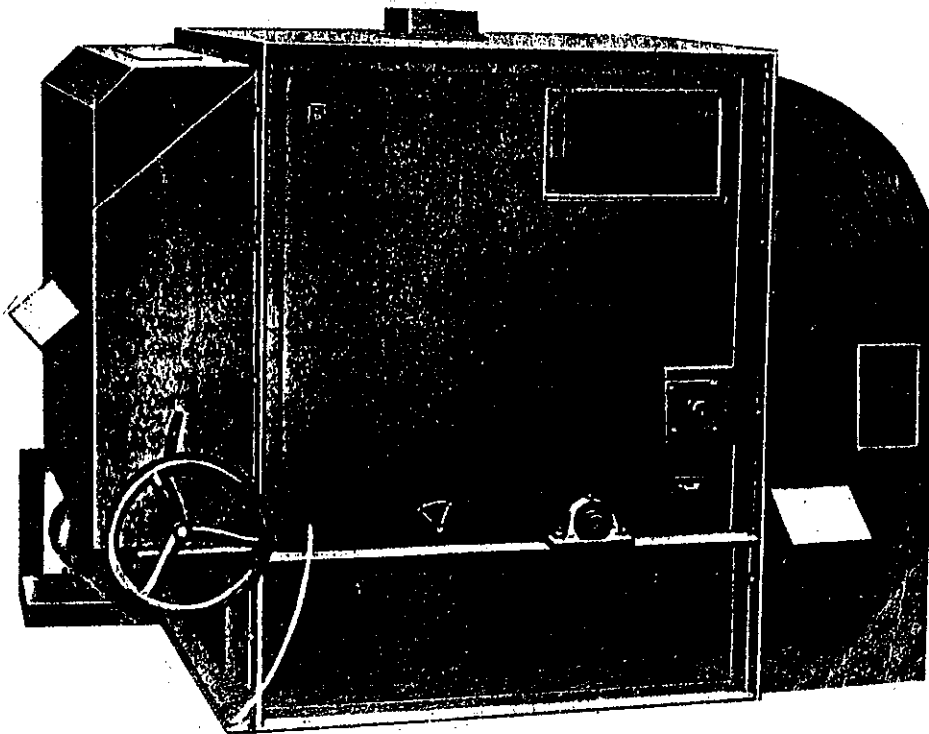


Figura 15. Separador de piedras.

Construcción

Desde la tolva de alimentación, el arroz cae en una criba a través de un plato difusor. El paddy o el arroz descascarado se vuelve más liviano que las pequeñas piedras al ingreso de la criba por efecto del aire a presión, producida por un ventilador y es empujado hacia abajo a lo largo de la criba inclinada.

Las piedras que son más pesadas que el paddy o el arroz descascarado, son atrapadas por numerosas salientes en la criba y llevadas hacia la parte alta de la misma por acción vibratoria.

Las piedras mezcladas con algunos granos, son recolectadas en un compartimiento especial en la parte superior de la criba donde, por acción de un ventilador, los granos son sopladados de nuevo hacia la criba en el lado de descarga, mientras las piedras ya separadas totalmente del grano, se descargan de la máquina por acción manual y por intermedio de una leva.

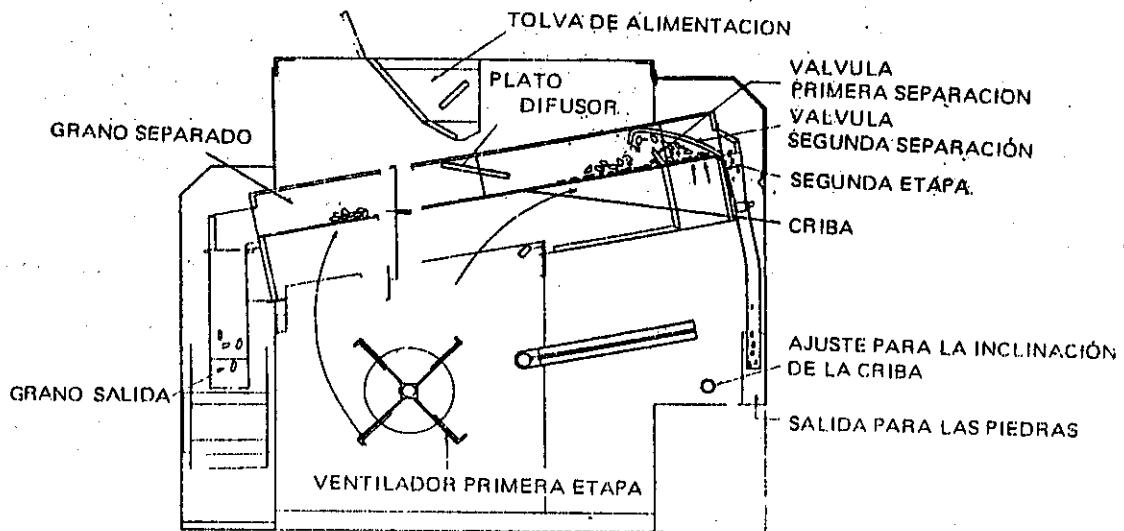


Figura 16. Diagrama del separador de piedras.

3.5.4 Descascaradora de arroz con aspirador

En esta descascaradora se usan rodillos de jebe, en lugar de un conjunto de discos de esmeril o carborundum. El paddy es descascarado al pasar a través de un espacio libre ajustable entre un par de rodillos de jebe que giran a velocidades periféricas diferentes, uno respecto del otro.

La capa de salvado del arroz descascarado queda intacta, sin producirse daño alguno en el grano. Un mecanismo especial permite el ajuste de la distancia entre los rodillos; además, por la naturaleza elástica del jebe puede ser descascarado cualquier tipo de paddy con suma seguridad y sin roturas del grano.

Características

1. **Construcción robusta.** Especialmente diseñada para uso continuo, es capaz de resistir vibraciones excesivas y golpes sin daño alguno ya que la caja está totalmente fabricada de una sola pieza de hierro fundido.
2. **Rápido ajuste de la luz entre rodillos.** Un mecanismo especialmente diseñado permite efectuar un rápido ajuste de los rodillos aún con la máquina trabajando.
3. **Aspirador sin desgaste.** La cascarilla, al ser descargada de la máquina, no entra en ningún momento en contacto con los órganos del aspirador. Debido a esto no se produce ningún desgaste ni en el impulsor, ni en la caja del mismo, evitándose cambios o reparaciones, manteniendo constantemente su eficiencia.
4. **Enfriamiento de los rodillos por aire.** Un mecanismo de soplado de aire especialmente diseñado para el enfriamiento de los rodillos, permite una rápida extracción del calor provocado por la fricción con el paddy, alargándose así la vida de los rodillos.

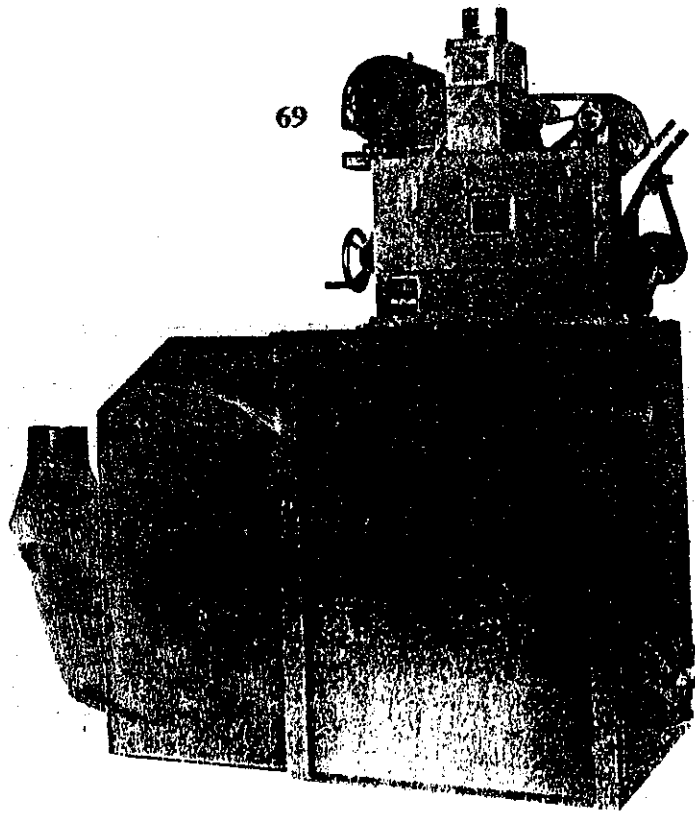


Figura 17. Descascaradora de arroz con aspirador

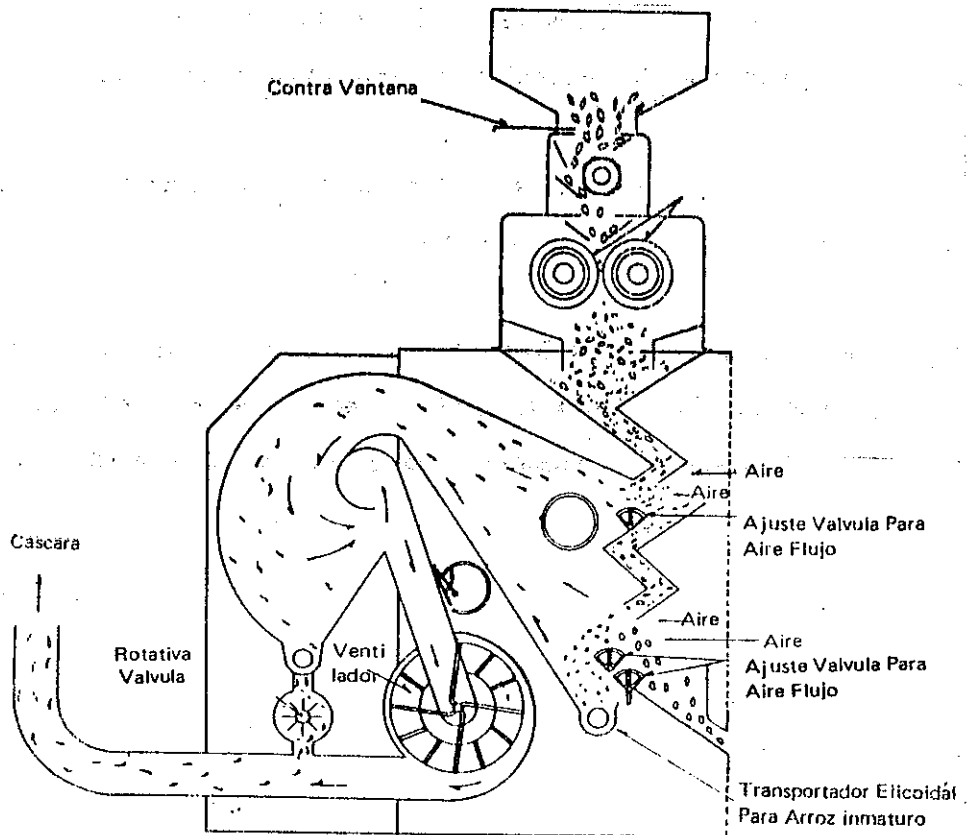


Figura 18. Diagrama de la descascaradora de arroz con aspirador

3.5.5 Separador de paddy

Este nuevo separador de paddy es primero en su género. Permite una separación total del paddy del arroz descascarador. Normalmente, el arroz cáscara que pasa a través del descascarador es pilado en un 80 ó 90% por éste, quedando el resto sin descascarar. Esta mezcla es, luego, enviada a través de cada bandeja o compartimiento del separador para ser separada. Sin embargo, la separación total del paddy del descascarado ha sido hasta la fecha casi imposible. Esta es una verdad especialmente con el arroz sembrado en los países tropicales. Las bandejas y los compartimientos del separador ofrecidos en el mercado no están aptos para ofrecer una separación completa, debido a la diferencia en el tamaño de los granos del arroz tropical.

Restos de paddy en el arroz descascarado no sólo dejan de ser pulidos sino que aparecen en el producto final. Si el arroz descascarado se mezcla con el paddy que regresa al descascarador, no sólo disminuye la capacidad del descascarador sino que corre el riesgo de dañarlo.

En el pilado del arroz tropical, el suceso de toda la operación depende de la habilidad para separar, completamente, el paddy del arroz descascarado.

El separador de paddy WONG MARCA es totalmente diferente a los de diseños convencionales haciendo posible su mecanismo la separación del 100% del paddy y el arroz descascarado. La eficiencia de este separador es mucho mayor que de los separadores tipo gavetas.

Características

1. Separación perfecta entre paddy y arroz descascarado. Ni un solo grano se mezcla con el otro.
2. Las condiciones de separación se observan como una ojeada.
3. Por la simpleza de operación no se necesita mayor conocimiento. Un golpe de dedo hace que la máquina se ajuste a cualquier tipo de arroz.
4. De tamaño compacto con poco requerimiento de potencia.

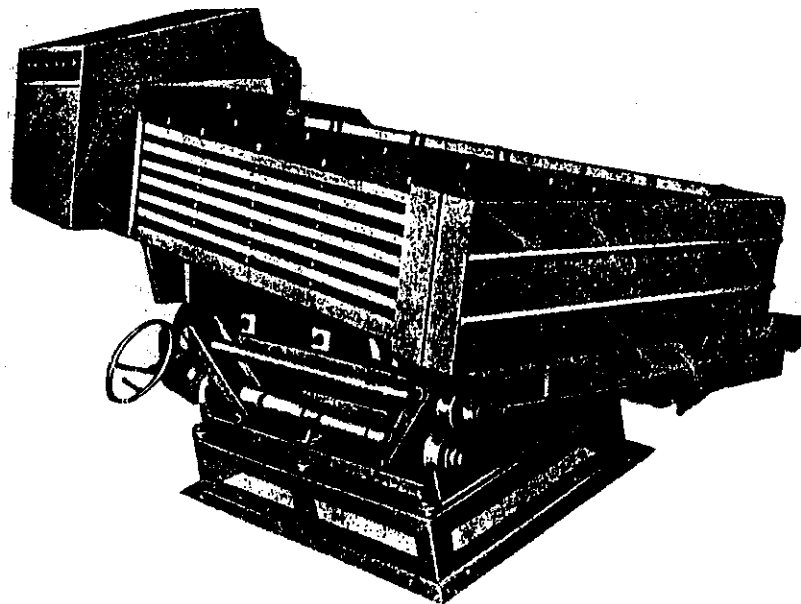


Figura 19. Separador de paddy

Construcción

Las bandejas tienen numerosas cavidades oblicuas en dirección longitudinal y lateral y están montadas en forma tal que hacen recíprocas las direcciones longitudinales. La mezcla del paddy y el descascarado se envía a la parte superior de las bandejas por unas ventanas. La salida para el paddy, la mezcla y el arroz descascarado está colocada en el filo opuesto. El arroz descascarado camina hacia la parte superior de la hoja opuesta mientras se mueve hacia el otro lado de la bandeja.

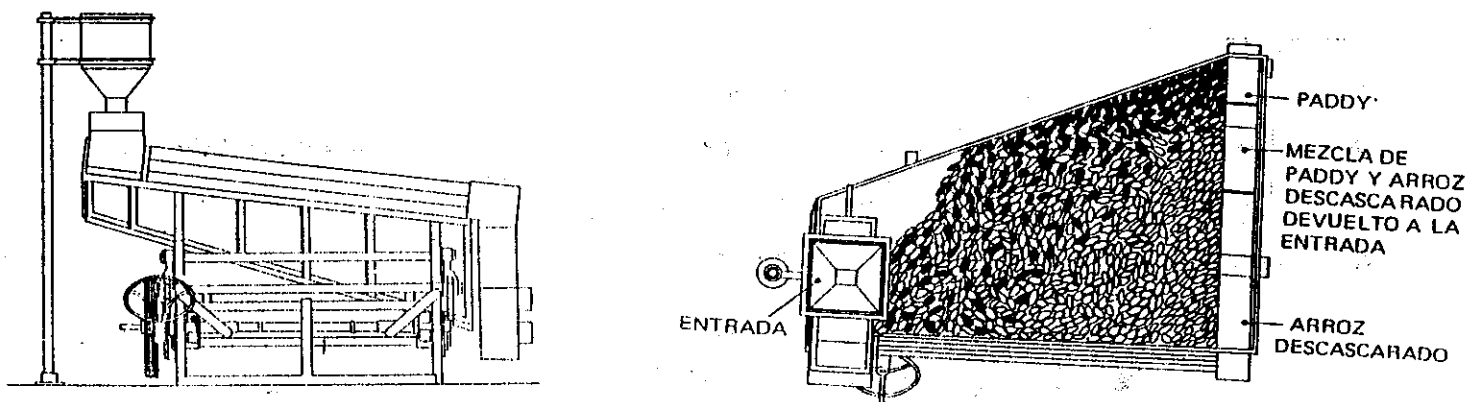


Figura 20. Diagrama del separador de paddy.

3.5.6 Blanqueador de arroz por esmeril

Características

Menos arroz partido.

Desde cuando se utiliza una baja presión relativa sobre los granos en proceso de blanqueo, éstos pueden ser blanqueados sin dañar su forma, produciéndose menos arroz partido.

Sistema único de chorro de aire.

Un chorro de aire producido por el ventilador es enviado a la cámara de abrasión para prevenir cualquier aumento de temperatura del grano sino, también, para remover el salvado adherido al grano blanqueado.

Operación rápida.

La operación es muy rápida. La operación entera es llevada a cabo por la alta calidad de los instrumentos, cuidadosamente instalados, lo que no requiere entrenamiento previo del operador.

Rodillos abrasivos superiores.

Diferente a los métodos convencionales de producción, los rodillos abrasivos son fabricados con moldes exactos y tratados al calor que le dan una excelente durabilidad y delicadeza.

Los filos engrosados de los rodillos convencionales se traducen en un aumento de presión sobre los granos de arroz durante el blanqueo en las máquinas ordinarias malgastando gran parte del proceso.

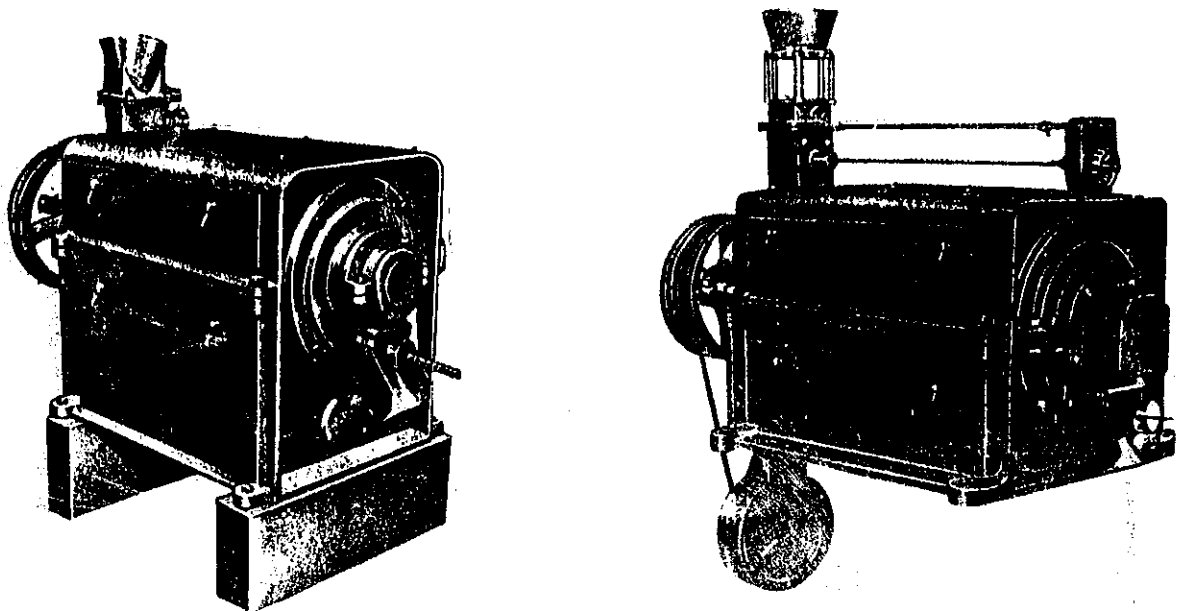


Figura 21. Blanqueador de arroz por esmeril

Construcción

1. El arroz descascarado es blanqueado conforme pasa a través de la luz entre el rodillo abrasivo y el cilindro de acero perforado.
2. El proceso de blanqueado es similar al de quitar la cáscara a una naranja poco a poco con un cuchillo. El rodillo abrasivo actúa como un cuchillo para cortar y quitar la capa de salvado del arroz descascarado.
3. Se han adherido obstáculos al cilindro de acero perforado para cambiar la velocidad del flujo del grano, para, al mismo tiempo, ajustar la densidad del grano en la cámara de blanqueo.
4. Un chorro de aire es introducido por un ventilador exterior a la máquina. Este aire pasa por una perforación en el eje principal y es llevado a la cámara de blanqueo a través de los espacios entre los rodillos abrasivos.
5. El chorro de aire enfría los granos de arroz para prevenir un aumento de temperatura, despega el salvado adherido a los granos blanqueados y homogeniza la densidad dentro de la cámara.
6. El grado de blanqueo se regula, fácilmente, ajustando las pesas colocadas a la salida del producto.

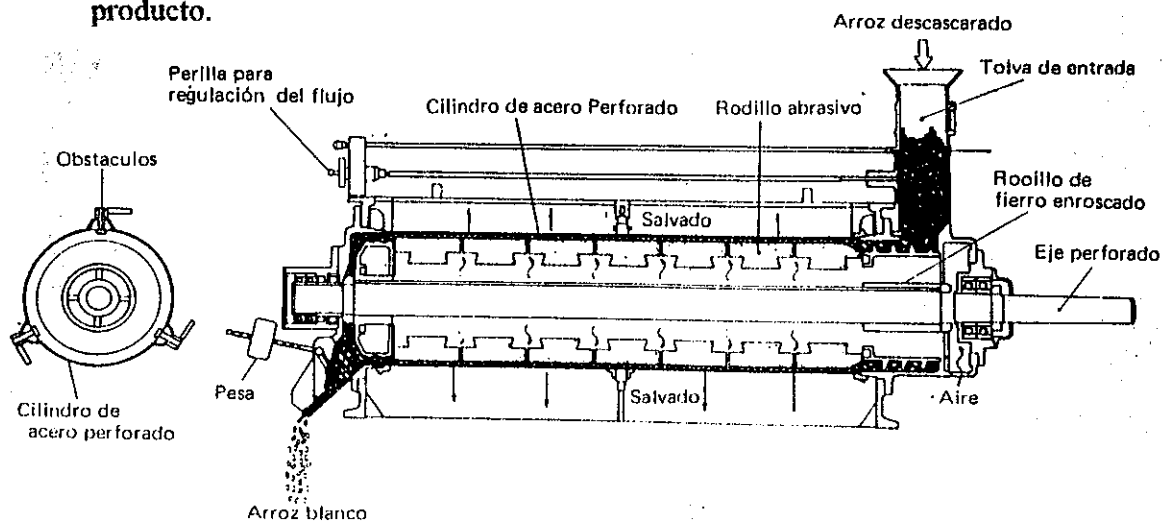


Figura 22. Diagrama del blanqueador de arroz por esmeril

3.5.7 Blanqueador de arroz tipo de fricción

Características

Blanqueo uniforme.

La capa de salvado en la superficie del grano es removida, uniformemente, por la fricción producida entre los granos, garantizándose un blanqueo uniforme con una superficie pareja y lustrosa.

Enfriado y perfecta remoción del salvado por chorro de aire.

Como en el caso de la máquina del tipo abrasivo, el blanqueador del tipo de fricción, también se caracteriza por tener un chorro de aire que previene el aumento de temperatura del grano y produce una remoción total del salvado.

La operación no necesita entrenamiento.

La operación se efectúa en forma simple controlando los instrumentos. Una operación pareja y rápida garantiza el blanqueo deseado con el máximo de producción.

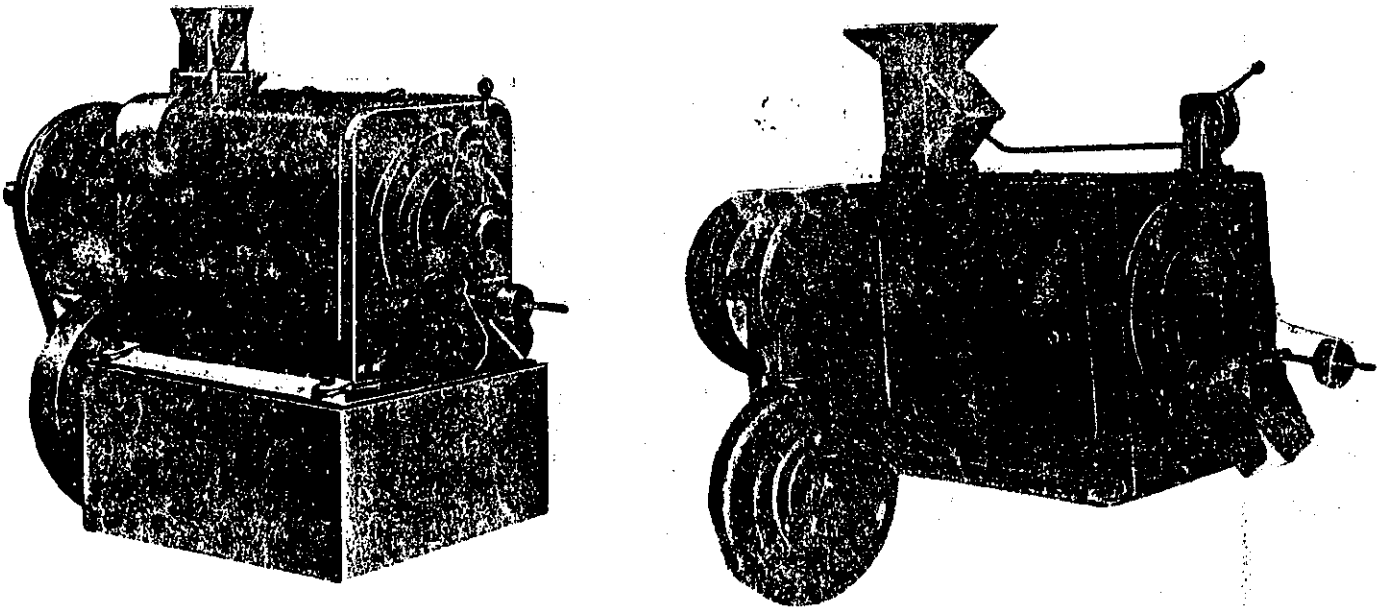


Figura 23. Blanqueador de arroz tipo de fricción.

Construcción

1. El arroz descascarado es blanqueado por la fricción entre los granos a su paso entre la criba y el rodillo de molienda.
2. La cutícula de salvado del arroz descascarado es removida por la fricción provocada entre los granos.
3. Un chorro de aire impulsado por un ventilador, pasa por una perforación en el eje principal y conducido al interior de la cámara de molienda. Su función es la de enfriar el grano y apartar el salvado de la superficie del grano blanqueado. También reduce las sobre presiones para evitar una excesiva rotura del grano.
4. El grado de blanqueo (pulido) del arroz terminado puede ajustarse, fácilmente, usando las pesas a la salida del producto terminado.

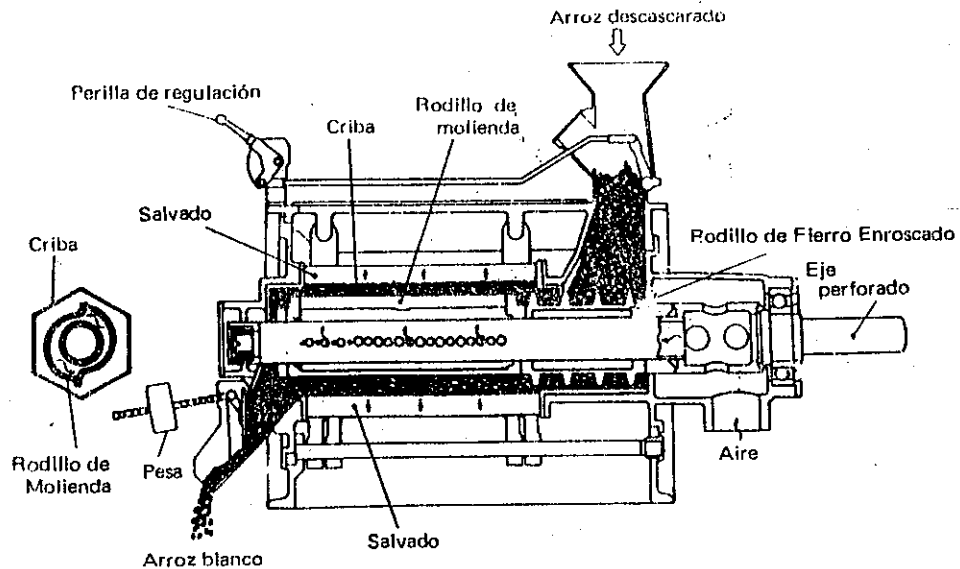


Figura 24. Diagrama del blanqueador de arroz tipo de fricción

3.5.8 Clasificador de arroz

El clasificador de arroz, del tipo de cilindro clasificador, separa uno o dos tipos de arroz quebrado del arroz entero por longitud del grano así como el paddy verde y el arroz descascarado del paddy.

El arroz quebrado mayor en longitud que el medio grano, no puede ser separado del grano entero por una zaranda o por un clasificador de tamaños. Desde luego, este tipo de máquina es para los molineros que desean obtener una alta calidad de arroz.

El grano que ingresa al cilindro clasificador es cogido por los clasificadores del cilindro rotativo. Los granos de mayor longitud son expulsados del clasificador en su camino para alcanzar la cubeta de atrape. Al contrario, los granos que quedan en el clasificador son llevados a las cubetas.

Características

1. La operación y el fácil montaje, están asegurados por su diseño compacto, cuerpo liviano y construcción simple.
2. El cilindro clasificador para clasificar arroz blanco, está hecho de acero inoxidable para evitar que se adhiera el salvado.
3. En los tubos de tránsito del grano, se han perforado huecos de forma cuadrada capaces de muestrear el arroz en cada etapa.
4. Los grados de separación del grano pueden ser vigilados por la ventanilla de inspección.

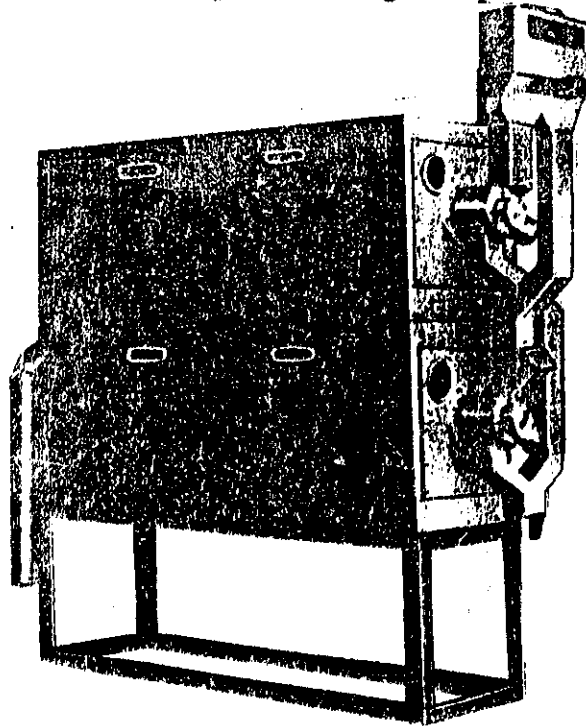
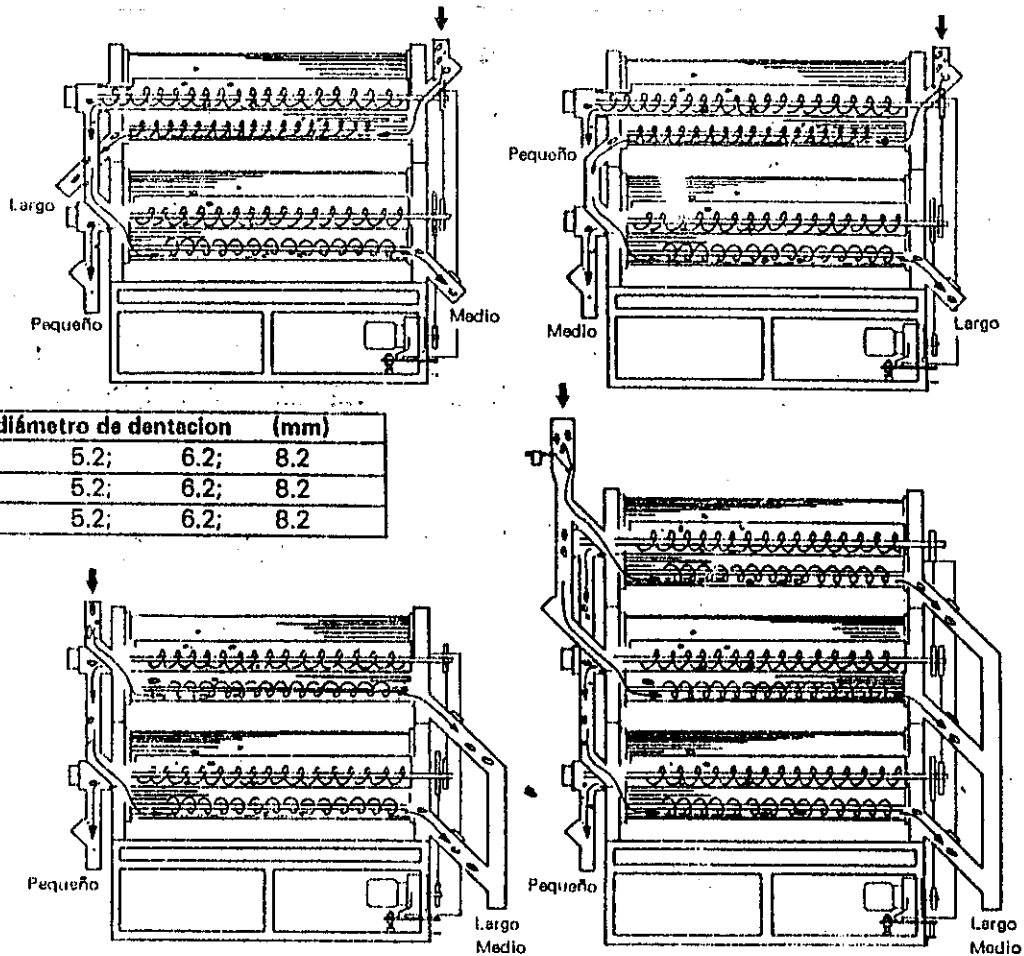


Figura 25. Clasificador de arroz



3.5.9 Elevador de cangilones

Para elevar material a granel, el transportador más típico es el elevador de cangilones. Este elevador, del tipo de cinta, es el más económico y racional para elevar granos en forma rápida.

Características

1. Especialmente diseñado para cereales.
2. De alta eficiencia.
3. De construcción rígida y simple, libre de problemas y a prueba de polvo.

4. Operación suave y silenciosa.
5. Compacto y fácil de armar.
6. Las partes de desgaste son fáciles de conseguir y se reemplazan en cualquier momento.

Construcción

El elevador se compone de una parte superior, una parte central y el tronco inferior, completo de cinta porta-cangilones y tolva. El tronco central es de construcción modular de tal manera que pueden sumarse varios de ellos para alcanzar la altura deseada. La cinta está confeccionada en algodón-nylon y los cangilones fabricados de chapa de acero.

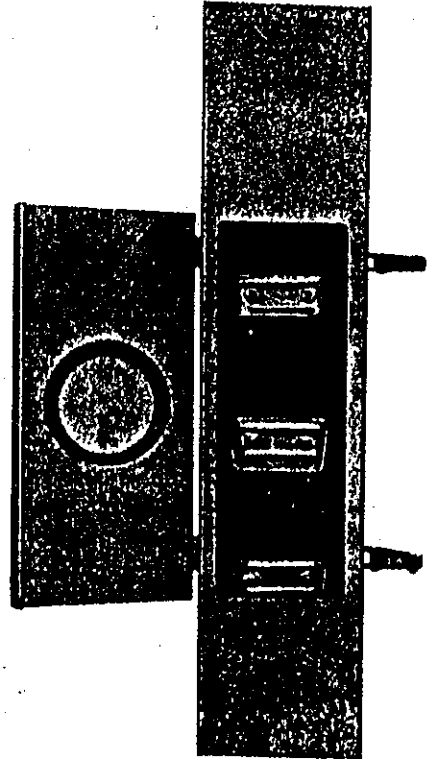
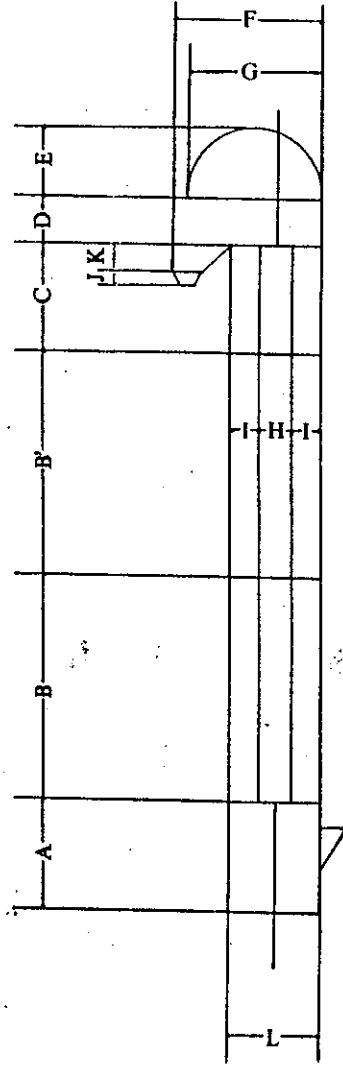
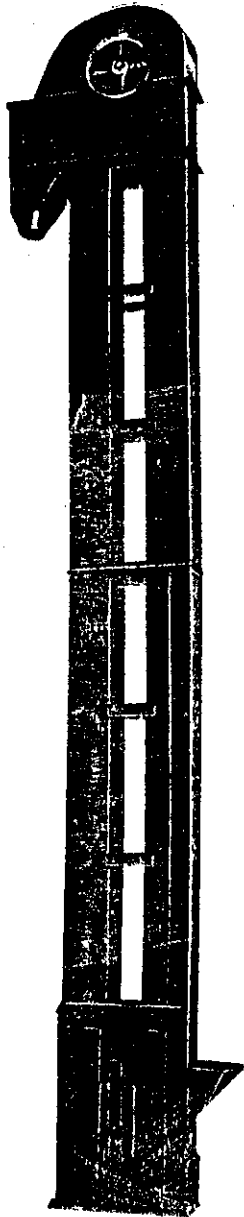
También pueden proporcionarse cangilones de plástico en caso necesario.

Los varios tipos de elevadores que se fabrican son casi todos iguales en construcción y trabajo. Sólo difieren en el tamaño de los cangilones y en la capacidad de elevación.

Las condiciones de trabajo del elevador pueden vigilarse desde una puerta de inspección.

Una válvula de varias vías puede proporcionarse cuando así lo requiera el cliente. La tolva de recepción viene incorporada.

Se fabrican tipos para bajo-techo y tipos para intemperie. Se proporciona con motor eléctrico, bajo pedido.



VISTA DE LA CINTA Y LOS CANGILONES
DESDE LA PUERTA DE INSPECCIÓN.

Figura 27. Elevador de cangilones

3.6 Recomendación de la utilización del aspirador cilíndrico

El aspirador cilíndrico, único en su tipo, es usado, principalmente, en las plantas de secado y pilado de arroz.

Este aspirador mantiene la sala de máquinas limpia al evitar que se forme polvo en el ambiente y mejorando la calidad del proceso del grano.

Por su tamaño tan compacto, puede ser enseriado en cualquier circuito de tránsito del grano en la secuencia del proceso.

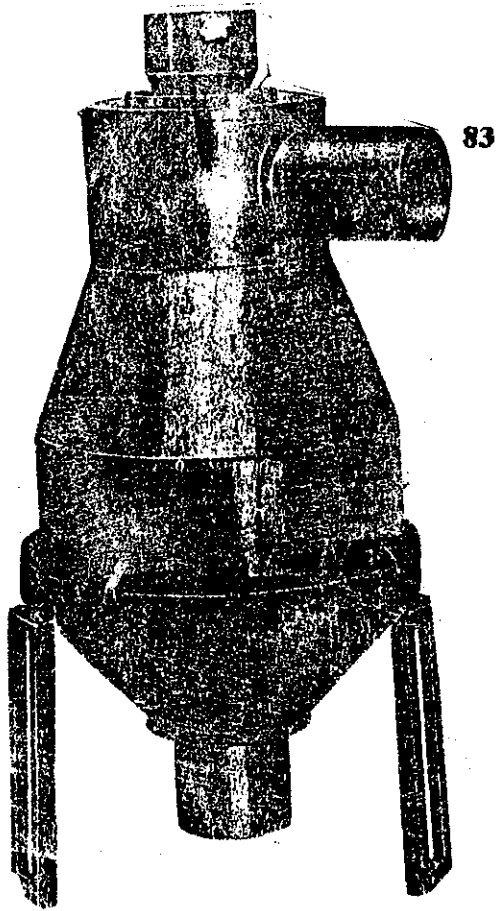
Allí donde el polvo realmente molesta durante el proceso de pilado, puede usarse con seguridad y eficiencia este aspirador cilíndrico ya que garantiza una total eliminación del polvo, bajo cualquier circunstancia.

Características

1. Liviano y compacto, puede ser usado en cualquier etapa del proceso de pilado.
2. Su figura cilíndrica asegura una eliminación total del polvo y una alta eficiencia.
3. Económico, ya que requiere poco espacio de instalación y puede usarse en combinación con otro ventilador.

Construcción

Por intermedio de la incorporación en el aspirador de una pantalla desviadora y dos salientes en forma de embudo, el material pasa a través de él en forma totalmente uniforme, elevándose, al máximo, la eficiencia del aspirador.



83

Figura 28. Aspirador cilíndrico

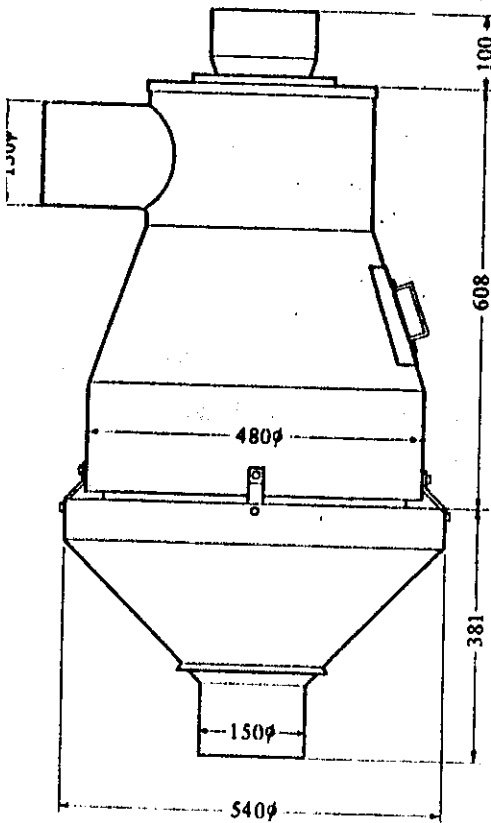
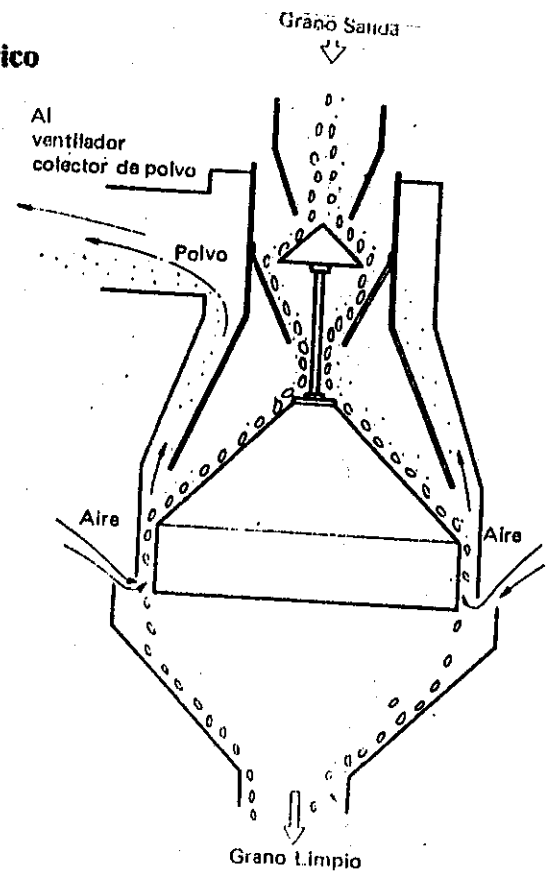


Figura 29. Diagrama del aspirador cilíndrico



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA CENTRAL

3.7 Diagrama del proceso de arroz blanco en el molino nuevo.

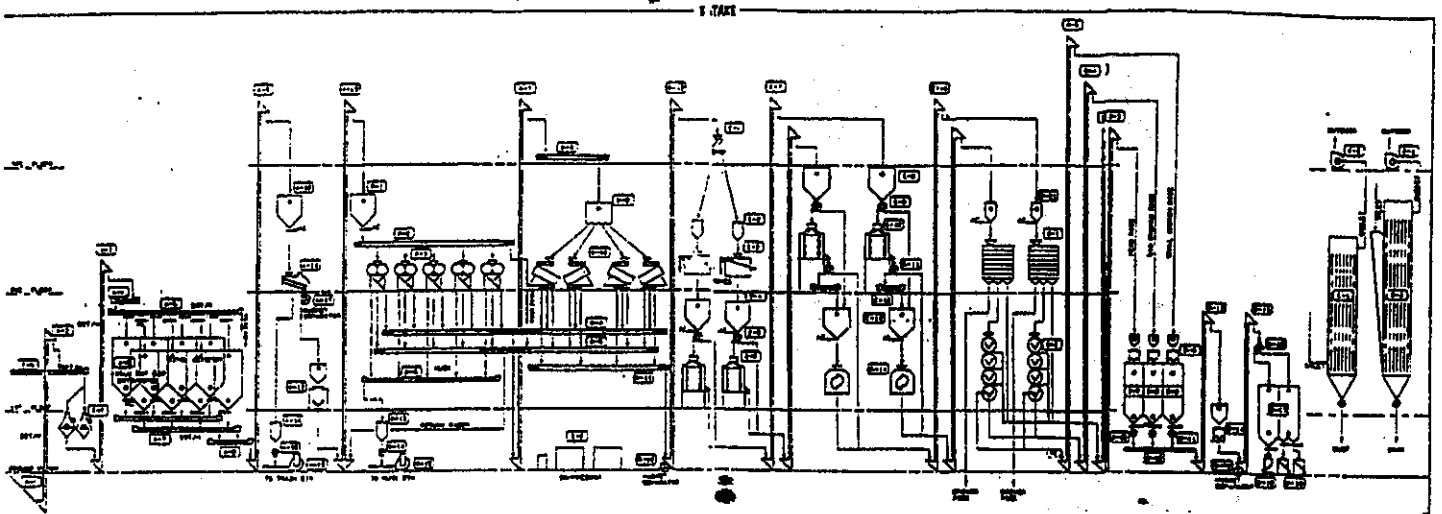


Figura 30. Diagrama del proceso de arroz blanco en el molino nuevo

Como se mencionó, anteriormente, la distribución de la planta del arroz precocido va a quedar igual; además, ahí están las calderas necesarias para ese proceso. En el molino de arroz blanco se instalará maquinaria más moderna y sólo serán necesarias unas 7 personas para realizar todo el proceso.

El costo aproximado de este proyecto de separación del proceso de arroz oro del precocido es de US\$ 1,000,000.00 lo cual incluye: nivelación del terreno donde se ubicará el beneficio (aproximadamente un área de 30 mt. x 70 mt.) pavimentación del área, construcción de una armazón de estructura metálica para un segundo y tercer nivel para ubicación e instalación de la maquinaria, materiales eléctricos e instalación eléctrica general, construcción de una sub estación de energía eléctrica de 500 KVA, un tablero para centro de control de motores e iluminación,

maquinaria y equipo para molinería del arroz, silo para almacenaje del arroz, mano de obra para la realización de todo lo anterior.

Este proyecto se estudió y se realizó en Arrocería Los Corrales, S.A. y se puede asegurar que, a pesar de que la inversión es alta, es recuperable a corto plazo y no representa pérdidas para la empresa, más bien, representa una mejora en la calidad y rendimiento del producto y una mayor participación en el mercado, tanto nacional como internacional, ya que se puede cumplir con la demanda del consumidor y obtener mayor variedad de marcas y a diferentes precios, aptas para todos los niveles.

3.8 Mejoras adicionales que se pueden obtener en el molino de arroz precocido.

1. Realización satisfactoria del mantenimiento preventivo de todas las máquinas, ya que cuando estaban juntos los dos molinos se trabajaba sin parar y hasta que la máquina presentaba una falla se corregía, lo que implicaba el paro de la producción y el consiguiente atraso y pérdidas. Ahora se va a tomar un lapso, tiempo una vez por semana para realizar dicho mantenimiento por etapas.
2. Mejorar el sistema de distribución de energía eléctrica que incluye: cambio de conductores mal dimensionados o dañados por sobre temperaturas, cambio de protecciones de los motores eléctricos de la maquinaria (flipones, guardamotors, contactores, arrancadores) que están sub o sobredimensionados.
3. Mejorar el factor de potencia lo que implica ahorro de energía eléctrica.

4. Colocar tableros de control modernos y más seguros para los operadores ya que actualmente, representan alto riesgo de provocar cortos circuitos que pueden ocasionar pérdidas para la empresa, tanto materiales como humanas.

3.9 Mejoras en el control de calidad

Con base en las investigaciones y estudios realizados se infiere que, a pesar de tener en práctica algunas normas de calidad en lo que se refiere al grano y al proceso, no tienen un plan de muestreo para analizar el arroz antes de procesarlo y obtener menos arroz quebrado en el proceso de molinería. El plan que se presenta a continuación es el establecido internacionalmente por la Universidad de Filipinas y, mediante la experiencia, se han obtenido muy buenos resultados:

3.9.1 Muestreo

- a. Se toma de manera aleatoria un puñado de muestra de los sacos, mediante un instrumento de muestreo. Cuando haya 10 sacos o menos, deberán tomarse muestras de cada uno de ellos. Si hay más de 10 sacos; pero no más de 100, deben someterse al muestreo, al menos, el 10% de ellos.
- b. Cada puñado de muestra que se saca se denomina muestra primaria. Las muestras primarias combinadas reciben el nombre de muestra compuesta. Cuando se ha reducido, adecuadamente, una muestra compuesta, se llama muestra sometida. Una muestra obtenida de la sometida se denomina muestra de trabajo.

- c. **Preparación de la muestra de trabajo.** Las muestras que se reciben en el laboratorio se reducen a una muestra de trabajo. La muestra sometida debe dividirse repetidamente, con el fin de que la muestra de trabajo sea tan representativa como la original. Es preciso utilizar un buen divisor.
- c.1 **Uso del divisor mecánico.** El equipo que se utiliza por lo común es el Boerner Sample Divider. La muestra se vacía en un recipiente situado en la parte superior del divisor y se suelta por medio de una palanca de mano, para que fluya por un cono invertido. Pasa por una serie de ranuras en torno a la circunferencia del cono y cae a dos pendientes. En la boca de cada caída hay una cubeta, a la que cae la mitad de la muestra. La muestra se divide, una y otra vez, en mitades aproximadas, hasta reducirla a 1 kilogramo, aproximadamente.
- c.2 **Método de división por mitad.** A falta de un divisor mecánico de muestras, se utilizará el método de división por mitad. La muestra sometida se divide repetidamente hasta que quede una cantidad de unos 100 gramos.

3.9.2 Métodos de prueba

- a. **Prueba de grado.** Se pesan unos 100 gramos de arroz descascarado de la muestra representativa. El arroz entero debe separarse de otras materias extrañas y pesarse, para determinar los porcentajes.
- b. **Determinación del contenido de humedad.** El contenido de humedad del arroz descascarado debe determinarse, utilizando un probador de humedad calibrado correctamente.

- b.1 **Probador de humedad Brown-Duvel.** Se toman muestras por duplicado de 100 gramos cada una. Cada muestra pesada se transfiere al matraz del probador y a continuación, se llena el recipiente con 450 c.c. del aceite de prueba Brown-Duvel. Se inserta un termómetro a través del tapón del matraz. Deben sumergirse cuatro quintas partes del bulbo de mercurio de un termómetro, en la muestra y el aceite. Después de ajustar herméticamente el tapón, el matraz se conecta al tubo condensador del probador. Se aplica calor hasta alcanzar la temperatura de corte, 210°C. La humedad destilada se recoge en un cilindro graduado, limpio y seco. La cantidad de humedad recogida determinará directamente el porcentaje del contenido de humedad de la muestra. Se lee después que la temperatura haya descendido a 160°C (como se indica en el manual de uso del probador de humedad Brown-Duvel).
- b.2 **Método de horno y aire.** Se muelen, de dos a cinco gramos de la muestra y se pesan en una botella de pesado, con peso constante. La muestra en polvo se pone en un horno eléctrico, durante 5 horas, a una temperatura de 130°C. Luego, se deja que se enfríe en el interior de un desecador y se pesa inmediatamente después. El porcentaje del contenido de humedad se calcula sobre base húmeda.

CONCLUSIONES

1. La industria arrocera en los seis países del istmo centroamericano, en un 80% está deteriorada, en mal estado y con más de 30 años de uso. Un 15% fue montada en la década del 70 y un 5% en la primera mitad de la década del 80.
2. Un 95% de los molinos existentes son ensamblajes de máquinas de diversas marcas, sistemas y capacidades que impiden una operación balanceada que reduzca los costos, principalmente, en energía.
3. El 90% o más de los molinos no son el resultado de investigaciones técnicas sobre la localización, diseño y dimensionamiento, razón que explica la gran cantidad de molinos cerrados, subutilizados y con ineficiencias técnicas que afectan la calidad del arroz.
4. La separación de los procesos de arroz blanco y precocido genera una mayor producción, un control más estricto del mantenimiento preventivo, ahorro de energía eléctrica, la utilización de una sola jornada de trabajo, no más horas extras, variedad de marcas, etc.
5. La totalidad de los molinos usan secamiento continuo, recirculado y sin reposo. Este sistema, además de ser más costoso por el bajo rendimiento de la secadora, consume más combustibles y aumenta el porcentaje de grano partido en la molincria.
6. El secado mecánico debe realizarse de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes del equipo, debiéndose realizar las compensaciones necesarias mediante el estudio y observación de la operación misma de la planta, a fin de mejorar la eficiencia que redundará en la energía que se pueda ahorrar.

XIV

7. El almacenamiento hermético es el medio más seguro y económico de conservar el grano en condiciones óptimas, para el pilado y comercialización.
8. La calidad de grano pilado depende, aproximadamente, en un 70%, del acondicionamiento físico que han tenido, correspondiendo el 30% al equipo para el pilado.
9. La fecha óptima para la cosecha del arroz está dada, aproximadamente, entre 28 y 31 días después de la floración; siendo función del clima y de la variedad.

RECOMENDACIONES

1. La utilización de variedades de alto rendimiento en molinería (por lo menos las usadas en Costa Rica) podría representar para Guatemala una reducción en el costo del arroz blanco entre un 2 y un 4%.
2. Se recomienda modernizar la maquinaria ya que la que se utiliza en la actualidad tiene más de 30 años de existencia y unificarla, es decir, que sea de la misma marca y capacidad requerida. Esta inversión es recuperable a corto plazo debido a que las utilidades obtenidas en este proceso dan el margen para invertir y recuperar y cubren los costos en los que se pueda incurrir en el momento de tomar la decisión de invertir, separar el proceso del arroz blanco del precocido y modernizar.
3. La humedad del arroz no debe ser removida por medio de un secamiento rápido y violento, por producirse un alto porcentaje de granos quebrados, como consecuencia del estrellamiento, por lo que es recomendable que la temperatura de secamiento no exceda de 100 a 130°F (37.8° - 54.4°C) como máximo, siendo preferible utilizar los niveles inferiores entre estas dos cifras.
4. Realizar el secamiento en dos o más etapas y no continuo y sin reposo ya que se elevará el rendimiento de la secadora, se obtendrá menos porcentaje de grano partido y se consumirá menos combustible.
5. Mantener en buen estado los controles de temperatura (termopar) ya que son la clave para determinar cuánto y cuándo voltear el grano, cuánto airear y secar.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **BARREIRO, Héctor R.; ALVARADO, H. Enrique. La situación del arroz en Guatemala. Estudio de la cadena y perspectivas del producto. 1a. Versión. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura. Guatemala, 1 de Diciembre de 1993.**
- 2.- **EMPRESA BRASILEÑA DE ASISTENCIA TECNICA Y EXTENSION RURAL. Manual técnico de arroz. Brasilia, Brasil. Serie Manual 3. 1989.**
- 3.- **GRIST, D.H. Arroz. 5ta. Edición. México. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. (C.E.C.S.A.) 1982.**
- 4.- **HERNANDEZ, J. Fitomejoramiento y principales cultivares. Curso de adiestramiento en producción de arroz. INIPA. Ciclayo, Perú. 1981**
- 5.- **MARTINEZ, César; CUEVAS, Federico. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. 3a. Edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Septiembre, 1989.**
- 6.- **ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Informe sobre la reunión de expertos en la mecanización de la producción y la elaboración del arroz. Roma, 1982**

XVII

- 7.- PASOS, Walter Ramiro. **El cultivo del arroz en Guatemala. Folleto técnico 22. I.C.T.A. Marzo, 1983.**

- 8.- SEGEPLAN (SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACION ECONOMICA. **Arroz: marco cuantitativo, análisis y perspectivas de crecimiento del sistema. 2da. Versión. Departamento de Sectores Productivos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Unidad Sectorial Planificación Agrícola. 1984**

- 9.- TASCÓN, Eugenio; GARCIA Elías. **Arroz: Investigación y Producción. Referencia de los cursos de capacitación sobre arroz dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. 1985**

- 10.- UNIVERSIDAD DE FILIPINAS; **Cultivo del arroz, manual de producción. 3a. Edición. México. Editorial Limusa. 1988.**

ANEXO

Aparatos estandar que determinan la calidad molinera del arroz.	XIX
Tres tipos generales de molinos de arroz.	XX
Uso industrial de los productos de arroz	XXV
Diagrama del molino arrocero completo.	XXVII
Diagrama de flujo del proceso de arroz blanco.	XXVIII
Diagrama de flujo del proceso de arroz precocido.	XXIX

APARATOS ESTANDAR QUE DETERMINAN LA CALIDAD MOLINERA DEL ARROZ

1. El determinado de mermas Carter.

El determinador de mermas Carter que consiste en una serie de cribas y corrientes de aire, se utiliza para separar las semillas de malezas y otro material extraño del grano. Una vez que el grano se ha pasado por esta máquina se pasa a la descascaradora.

2. La descascaradora McGill.

La descascaradora McGill es una máquina pequeña que quita sólo las glumas, dejando el grano con su salvado y germen, intactos. Este aparato se emplea, también, para determinar el grado de calidad del arroz pardo (sin pulir) que se puede conseguir de una muestra de palay (grano con cáscara).

3. El molino de arroz McGill.

Para la tercera etapa de la determinación de la calidad del palay, se utiliza el molino McGill, el cual quita el germen y el salvado de una muy semejante al descascarador de un molino comercial. El tiempo de operación se controla con exactitud.

4. El clasificador de tamaños.

El paso final en el análisis es la determinación del grano entero (IP%) y del rendimiento total de arroz (RM%), mediante el clasificador de tamaños.

Las placas clasificadoras empleadas en este aparato están construidas, de tal manera, que en las ranuras en las que caen los granos pardos de diferentes tamaños, son de una medida y forma que hacen posible efectuar una separación definida y uniforme por tamaños. Con esa máquina es posible determinar las cantidades de arroz para cervecería, los desperdicios de criba, el arroz quebrado y el arroz entero de una muestra.

TRES TIPOS GENERALES DE MOLINOS DE ARROZ**1. Molino "Kiskisan" o de descascamiento y pelado**

Esta máquina separa la cáscara y el salvado en una sola operación, en un cilindro sólido y aflautado, que gira dentro de un cilindro hueco. El proceso de descascamiento se efectúa mediante la acción de corte de las nervaduras del cilindro sólido que gira contra una hoja estacionaria, cuyo paso puede modificarse de acuerdo con la variedad de arroz que se esté limpiando (figura 32).

La mezcla de cáscara, salvado y desechos de granos rotos cae por la parte baja y perforada del cilindro hueco. El arroz limpio se descarga por el extremo de salida.

Esta máquina da una recuperación total de molienda del 64 al 66 por ciento.

2. Descascaradora de disco de contacto inferior o molido de tipo "Cono"

En este tipo de máquina, el descascamiento y el pelado se efectúan en operaciones separadas (figura 33).

El proceso de descascamiento se realiza con discos horizontales gemelos, recubiertos de piedra de esmeril. El disco superior permanece estacionario, mientras gira el inferior. La fuerza centrífuga y la acción abrasiva llevan a cabo el corte de las cáscaras.

El pelado se lleva a cabo en un cono truncado y recubierto de piedra esmeril, el cual gira dentro de un cedazo de malla que tiene la misma forma y está provista de tres frenos de goma. Los frenos de goma obturan el movimiento del grano y debido a la fricción inducida se elimina el salvado, que se expelle a través del cedazo, mientras el arroz pelado se descarga por la salida del fondo.

La recuperación total de molienda en esta máquina es del 66 al 68 por ciento.

3. Tipo de rodillos de goma

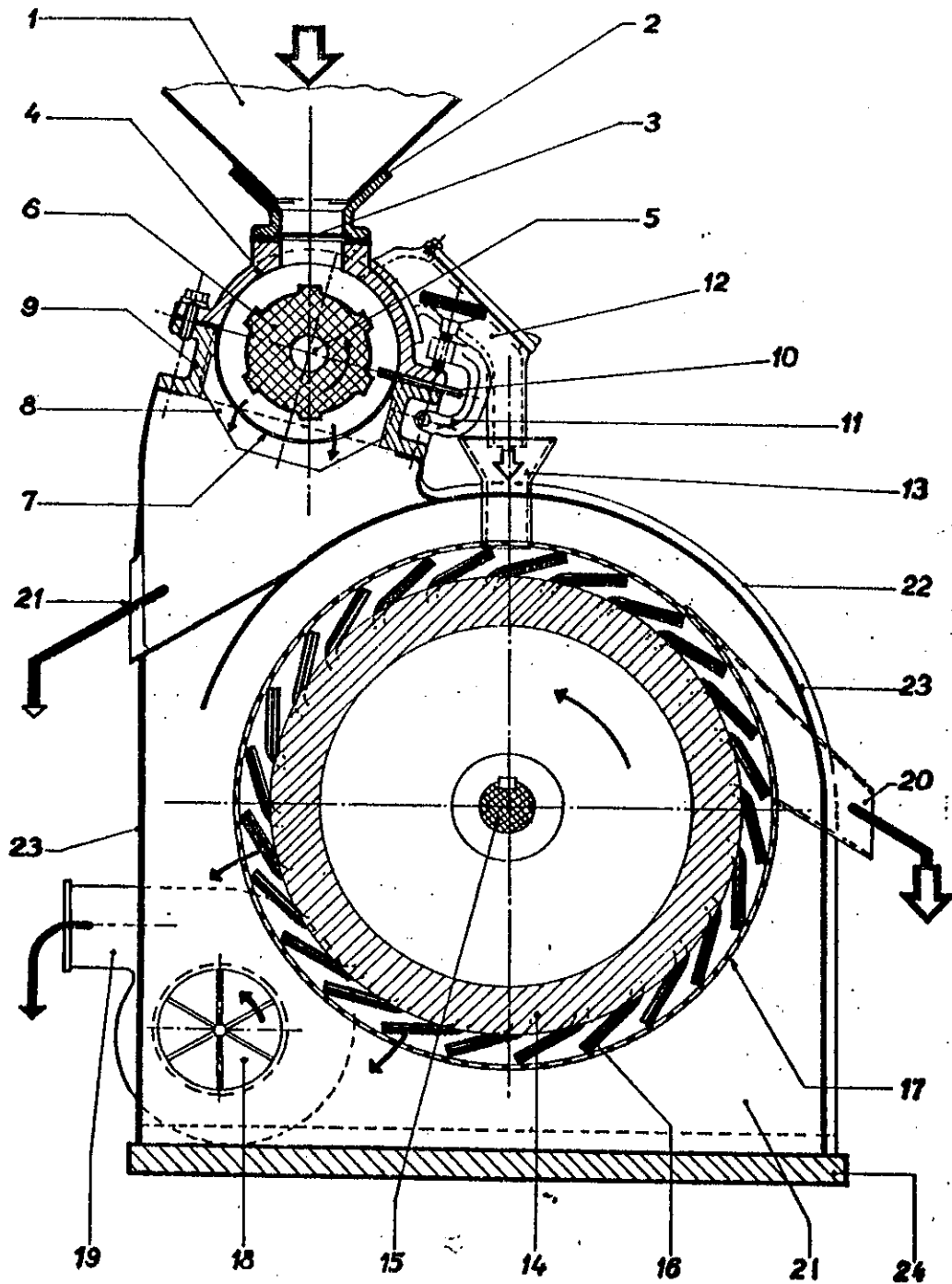
Este molino tiene unidades separadas para el descascaramiento y el pelado. El proceso de descascaramiento es una aplicación de los principios de dinámica granular, que se logra mediante la acción de fricción de dos rodillos de caucho que tienen diferentes velocidades circunferenciales (figura 34).

La fuerza de fricción entre los rodillos de goma separa la cáscara del grano y se produce café.

El pelado se lleva a cabo, a continuación, en unidades similares a las del molino del tipo "Cono".

El molino de rodillos de goma puede dar una recuperación total de molienda del 71 al 74 por ciento.

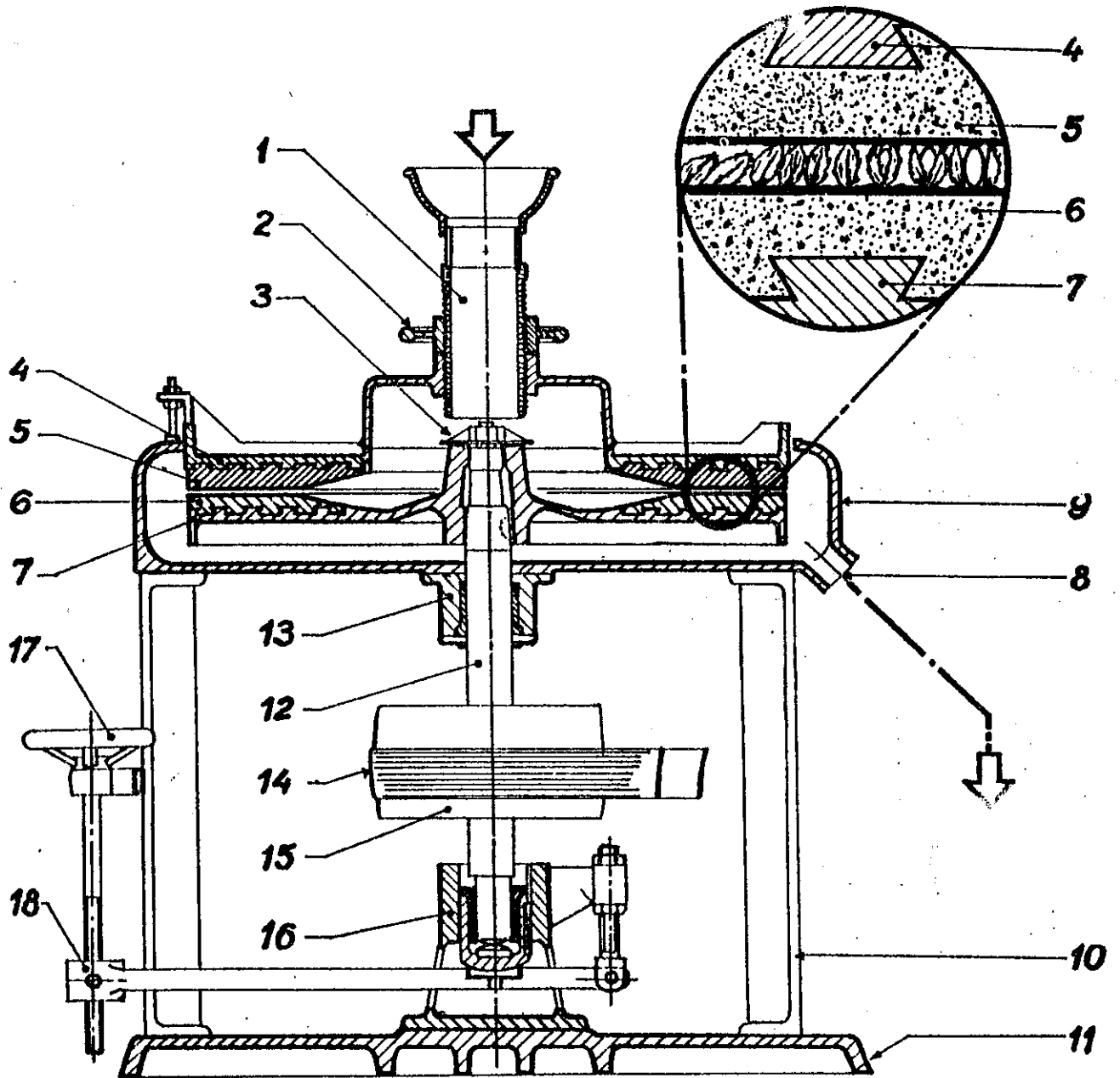
DESCASCARADORA DE ARROZ "KISKISAN"



1. Tolva de alimentación
2. Asiento de la tolva
3. Válvula reguladora de alimentación
4. Cubierta del descascarador
5. Eje del descascarador
6. Cubierta del cilindro
7. Cedazo
8. Soporte inferior del cedazo
9. Marco superior
10. Hoja del descascarador
11. Abrazadora de la cubierta
12. Boca de salida del descascarador

13. Entrada de alimentación del pulidor
14. Tambor pulidor
15. Eje del pulidor
16. Franja de cuero
17. Cedazo del pulidor
18. Ventilador de succión
19. Escape del ventilador
20. Salida del pulidor
21. Salida del salvado
22. Lámina frontal de hierro
23. Marco lateral del pulidor
24. Base de la máquina

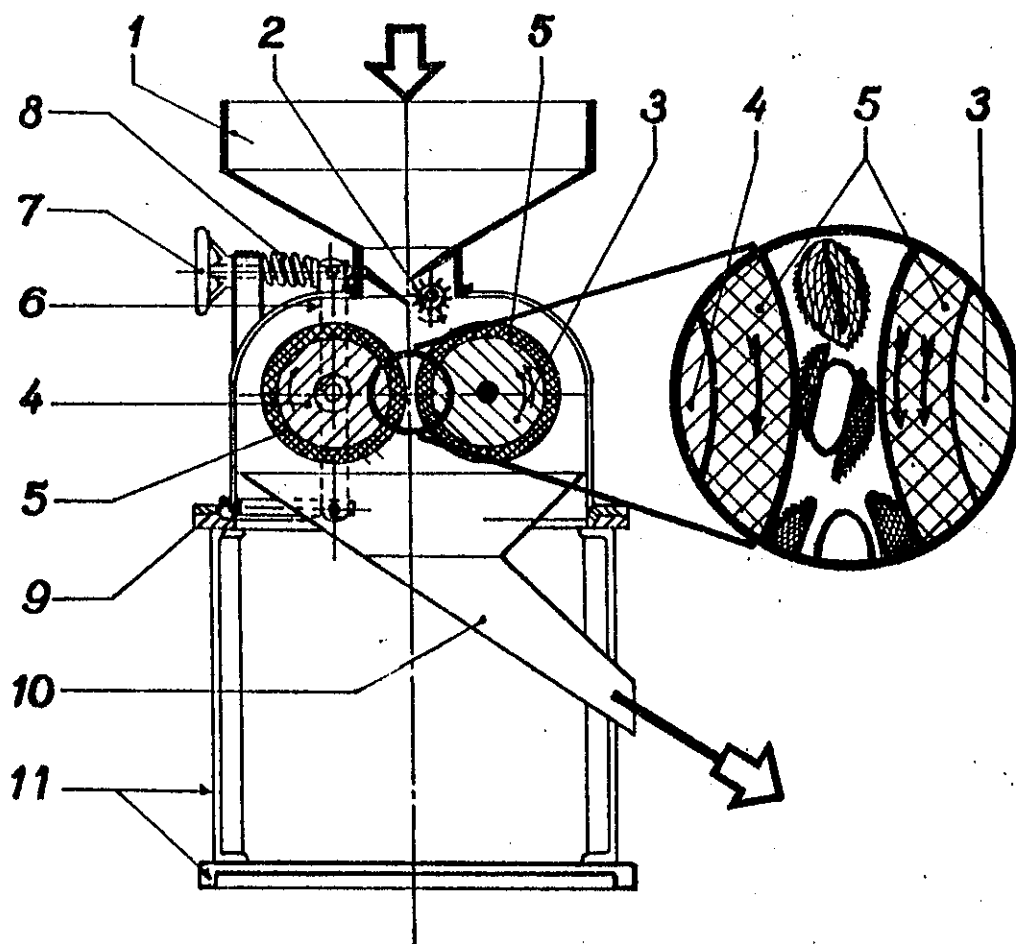
DESCASCARADORA DE DISCO DE CONTACTO INFERIOR



1. Tolva de alimentación
2. Válvula reguladora de alimentación
3. Tuerca del disco de contacto inferior
4. Disco estacionario de hierro
5. Superficie abrasiva estacionaria del disco
6. Superficie abrasiva giratoria del disco
7. Disco giratorio de hierro
8. Arroz descascarado y salida de las cáscaras
9. Alojamiento del disco

10. Marco de la máquina
11. Estructura de la base
12. Eje del descascarador
13. Cojinete superior
14. Correa de transmisión
15. Polea de transmisión
16. Cojinete inferior
17. Volante de ajuste del paso del disco
18. Brazo de soporte del eje

DESCASCARADORA DE RODILLOS DE GOMA



1. Tolva de alimentación
2. Rodillo de alimentación
3. Rodillo rápido
4. Rodillo lento
5. Superficie de goma
6. Brazo del eje del rodillo

7. Válvula de ajuste del paso de rodillos
8. Resorte de tensión del rodillo
9. Alojamiento del descascarador
10. Salida de la cáscara y arroz descascarado
11. Marco y base de la máquina

Bebidas.

Con el arroz se preparan diversas bebidas alcohólicas, siendo las más conocidas el *Saki* de Japón y el *Wang-tsu* de China. El *Saki* tiene un contenido alcohólico mayor que el *Wang-tsu*. Para manufacturar alcohol con almidón los asiáticos emplean especies de hongos que convierten el almidón en dextrosa y como además, están asociadas con levaduras, conducen a la producción de alcohol. En el Oriente, está bien establecido el comercio de esas estirpes de hongos. Se les prepara en forma de pastillas pequeñas, por lo general planas, en la India, China, Japón, Vietnam y Java, para inocular líquidos fermentables y para la producción de cervezas, vinos y otras bebidas alcohólicas. Se emplea como base arroz muy viejo, seco y finamente molido, agregándole varias sustancias de olor fuerte, por lo general especias, cuya principal función tal sea coadyuvar con los ácidos producidos por los hongos, a suprimir las bacterias, proporcionar algo de alimento a los hongos y las levaduras y estimular cambios que alteran el sabor.

Cascarilla.

La cascarilla no tiene valor como alimento para el humano, no sólo por ser pobre en nutrientes sino también porque su alto contenido de silicio lo hace dañino para los órganos digestivos y respiratorios de los animales.

El uso principal que se da a la cascarilla es como combustible para generar fuerza en los molinos de arroz, siendo su poder calorífico de 11,000 a 13,200 Btu/kg. Debido a su gran contenido de cenizas es difícil de quemar. En el sur de los E.U.A., se alimenta a las calderas por medio de transportadores de tornillo. Los molinos producen suficiente cascarilla como para satisfacer todas sus necesidades de combustible y aún tener un remanente de alrededor del 20%. Con frecuencia la disposición de esos sobrantes se convierte en un problema para los dueños de los molinos, ya que no se les ha encontrado aplicación industrial en gran escala.

A veces la cascarilla se utiliza para cama en los establos, como abono, como medio de sostén para el cultivo de hortalizas en hidropónica y como acondicionadora del suelo.

USO INDUSTRIAL DE LOS PRODUCTOS DE ARROZ

El arroz se usa, principalmente, como alimento, cocido en agua o al vapor y consumido con carne, pescado y verduras. También tiene muchas otras aplicaciones, tanto en la alimentación como en el comercio.

Almidón.

En Asia se utiliza arroz muy hervido para almidonar ropa. La industria europea de los almidones y en cierto grado la de Asia, emplean arroz como una de sus materias. Para ese fin, se necesita arroz que contenga un mínimo de proteínas y, por lo tanto, se usa arroz muy pulido, sin importar que esté muy quebrado. Las proteínas se separan con álcali y el almidón se purifica por lavado y centrifugación.

Harina.

En Italia, el arroz quebrado se muele para hacer harina y a veces se mezcla con harina de trigo para hacer "un pan verdaderamente regio, con un sabor delicioso". La harina de arroz puede sustituir a la de trigo para espolvorear productos para hornear o para empacarlos, pero, como no contiene gluten, no es panificable.

Una harina de arroz cerosa, producida por variedades glutinosas de arroz, se manufactura comercialmente en los E.U.A. Tiene cualidades superiores como espesador de salsas, jugos y budines debido a que impide la separación del líquido (sinéresis) cuando esos productos se congelan, almacenan y después se descongelan.

DIAGRAMA DEL MOLINO ARROCERO

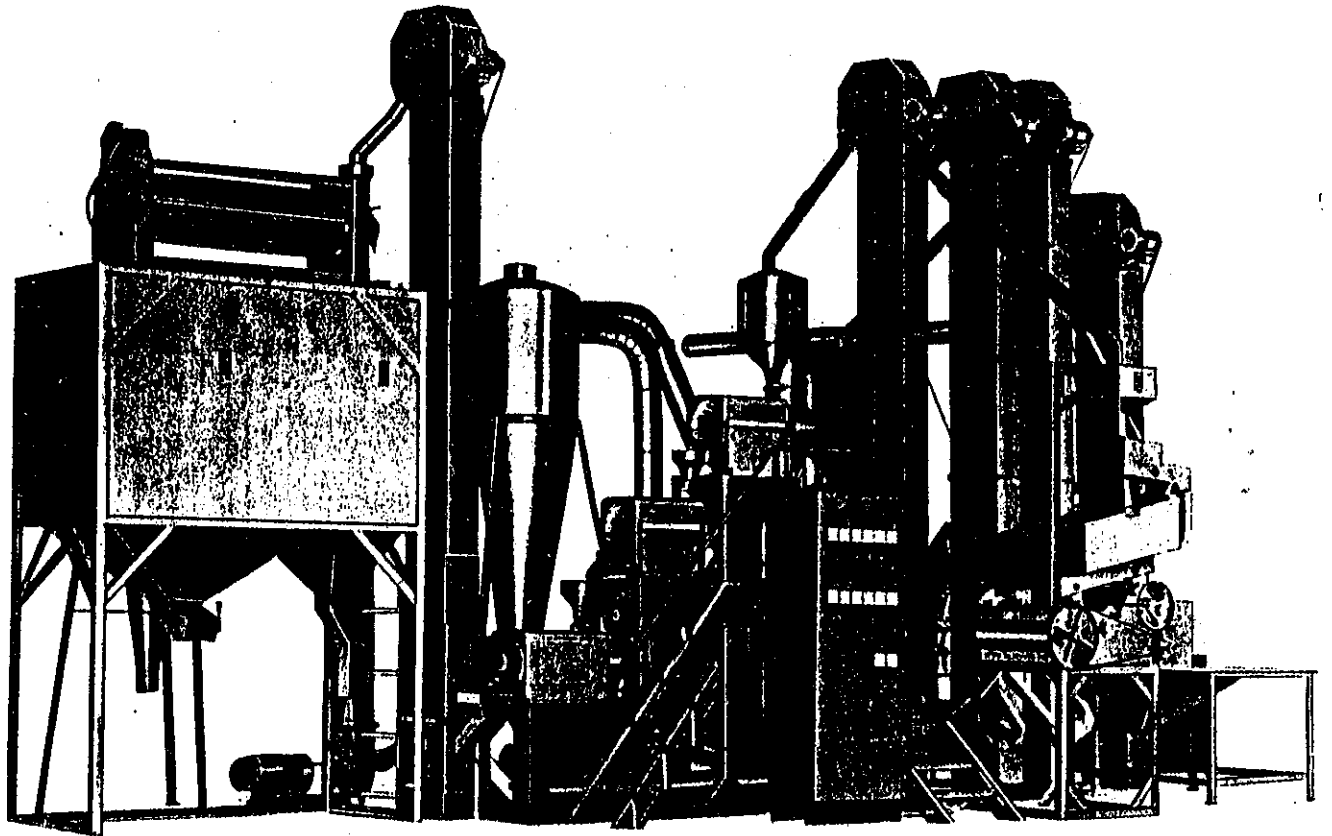
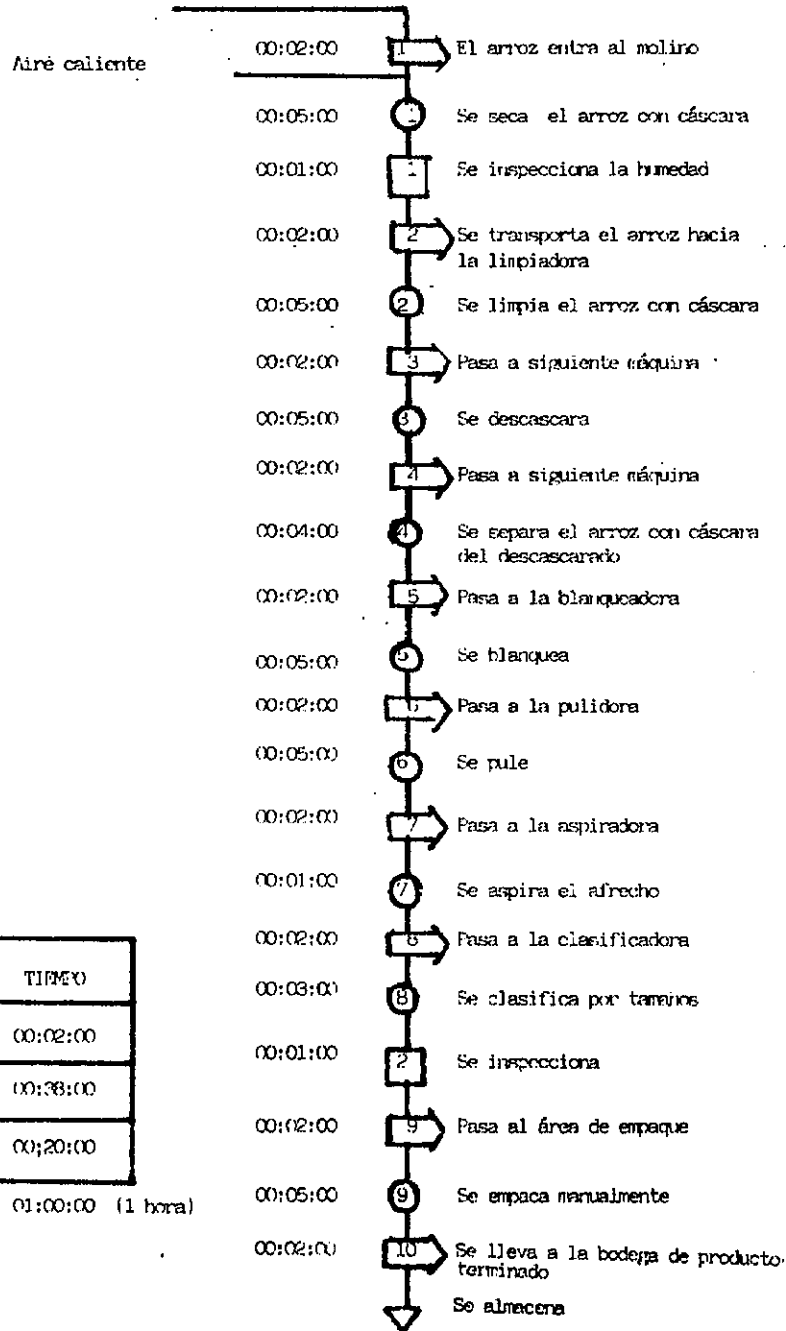


DIAGRAMA DEL PROCESO DE ARROZ BLANCO

Asunto: Proceso de arroz blanco
Método: Propuesto
Identificación: Arroz paddy
Analista: Lorgia Rodríguez
Inicia: Entrada al molino
Fecha: Octubre, 1997
Fábrica: A.L.C.S.A.
Finaliza: Bodega de producto terminado



SÍMBOLO	EVENTO	No.	TIEMPO
□	INSPECCION	2	00:02:00
○	OPERACION	9	00:38:00
→	TRANSPORTE	10	00:20:00

ET = 01:00:00 (1 hora)