



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"

" Evaluación Experimental del Proceso de Elaboración del Arroz en uno y en Varios Pasos o Etapas "

Tesis Profesional QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: Ingeniero en Alimentos PRESENTA Alejandro Palos Soto

Director de Tesis M. en C. Armando Jayme Salazar



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Página

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	OBJETIVOS.....	5
III.	RESUMEN.....	7
IV.	ANTECEDENTES.....	8
	1. ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL GRANO DE ARROZ.....	8
	1.1. Estructura.....	8
	1.2. Composición química.....	8
	2. IMPORTANCIA DEL ARROZ EN MEXICO.....	10
	3. POST-COSECHA DEL ARROZ.....	14
	3.1. Secado del Arroz Palay.....	16
	3.1.1. Secado al sol.....	16
	3.1.2. Secado mecánico.....	16

	<u>Página</u>
3.2. Almacenamiento.....	17
3.3. Elaboración del Arroz.....	21
3.3.1. Limpieza del arroz palay.....	23
3.3.2. Descascarado del arroz palay.....	28
3.3.3. Separación de cascarilla...	33
3.3.4. Separación de palay no descascarado.....	35
3.3.5. Blanqueo del arroz moreno.....	38
3.3.6. Pulido del grano elaborado.....	47
3.3.7. Clasificación del arroz blanco.....	49
4. CALIDAD DEL ARROZ.....	54
4.1. Definición de Calidad.....	54
4.2. Atributos de Calidad del Arroz.....	57
4.3. Norma Oficial Mexicana de Arroz Pulido.....	60
4.3.1. Especificaciones.....	60
4.3.2. Terminología.....	62

V

METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	64
1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	64
1.1. Criterios Metodológicos y Estadísticos.....	64
1.2. Plan de Trabajo.....	66
2. MATERIA PRIMA Y EQUIPO INDUSTRIAL.....	66
2.1. Materia Prima : Arroz Palay.....	66
2.2. Diagramas de Flujo y Descripción del Equipo Industrial.....	69
3. MATERIALES Y EQUIPO DE LABORATORIO.....	88
4. METODOS.....	92
4.1. Experimentación Industrial.....	92
4.1.1. Procesamiento de la materia prima.....	92
4.1.2. Evaluación de la operación de blanqueo.....	94
4.1.2.1. Temperatura del grano.....	94

	<u>Página</u>
4.1.2.2. Grado de elabora ción o blan- queo.....	95
4.1.2.3. Observaciones al proceso.....	95
4.1.3. Toma de muestras en los molinos.....	95
4.1.4. Muestras para el laboratorio.....	99
4.1.5. Identificación de las muestras.....	99
4.2. Experimentación de Laboratorio.....	100
4.2.1. Registro de las muestras...	100
4.2.2. Fumigación de las muestras.....	100
4.2.3. Preparación de las muestras para su análisis.....	101
4.2.4. Análisis de las muestras...	102
A) Arroz Palay.....	102
A.1. Aspecto general...	102
A.2. Determinación de humedad.....	102

Página

A.3.	Composición	
	física.....	102
A.4.	Determinación del	
	peso de 1,000	
	granos.....	103
B)	Arroz Moreno.....	103
B.1.	Aspecto general...	103
B.2.	Composición	
	física.....	103
B.3.	Determinación del	
	peso de 1,000	
	granos.....	105
C)	Arroz Blanco.....	105
C.1.	Aspecto general...	105
C.2.	Composición	
	física.....	106
C.3.	Determinación del	
	peso de 1,000	
	granos.....	106
D)	Potencial de la Calidad	
	Molinera.....	106
D.1.	Potencial del	
	descascarado....	106

	<u>Página</u>
D.2. Potencial del blanqueo.....	107
E) Salvado.....	107
E.1. Aspecto general....	107
4.3. Cálculos Efectuados.....	107
A) Cálculo del % de cascarilla.....	107
B) Cálculo del grado de elaboración.....	109
4.4. Análisis Estadístico.....	110
5. BALANCE DE MATERIALES.....	110
5.1. Consideraciones sobre la Clasificación del Proceso de Elaboración de Arroz.....	116
5.2. Balance Global de Materia.....	117
5.3. Balance en el Descascarado.....	117
5.4. Balance en el Blanqueo.....	118
VI. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	120
1. EVALUACION DEL DESCASCARADO EN LOS MOLINOS INDUSTRIALES Y EL DE LABORATORIO.....	120

Página

1.1.	Comparación del % de Quebrado Total de Arroz Moreno en los Molinos -- correspondientes al Blanqueo en una y en 4 Etapas y el Molino de Laboratorio.....	120
1.2.	Comparación del % de Cascarilla -- obtenido en base al Peso de -- 1,000 granos y en base a Balances de Materia en el Molino de -- Laboratorio.....	131
2.	EVALUACION DEL BLANQUEO EN LOS MOLINOS INDUSTRIALES Y EL DE LABORATORIO.....	133
2.1.	Comparación del % de Quebrado Total de Arroz Blanco en el Blanqueo -- en una y en 4 etapas y el Blanqueo de Laboratorio.....	133
2.2.	Comparación de los Resultados obtenidos por Balances de Materia en los Molinos Industriales.....	142
2.3.	Comparación del Grado de Elaboración o % de Salvado Removido en el Blanqueo en una y en 4 Etapas y el Blanqueo de Laboratorio....	145

Página

2.4.	Comparación de las temperaturas del Arroz durante la Operación de -- Blanqueo en Ambos Sistemas.....	151
2.5.	Comparación del Aspecto General del Salvado obtenido en Ambos Sistemas de Blanqueo.....	156
2.6.	Comparación del Aspecto General del Grano de Arroz Blanco en Ambos -- Sistemas de Blanqueo.....	157
<u>VII.</u>	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
1.	CONCLUSIONES.....	159
1.1.	Evaluación del Descascarado en los Molinos Industriales y el de -- Laboratorio.....	159
1.2.	Evaluación del Blanqueo en los --- Molinos Industriales y el de --- Laboratorio.....	160
2.	RECOMENDACIONES.....	162
2.1.	Evaluación del Descascarado en los Molinos Industriales.....	162

Página

2.2. Evaluación del Blanqueo en los	---
Molinos Industriales.....	163
APENDICE 1 : Rendimientos Totales a Pie de - Molinos : Tradicional y Neuco II	164
APENDICE 2 : Capacidades Observadas Durante la Operación de Descascarado en los Molinos : Tradicional y Neuco II	169
<u>VIII.</u> REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	172

I. INTRODUCCION.

El origen del proceso de elaboración de arroz se sitúa en el Oriente y se pierde en el tiempo en alguna época desde hace 7,000 años en que se comenzó a cultivar el arroz (7, 59).

Métodos primitivos que han dado lugar a los métodos actuales de elaboración de arroz aún persisten y son dominantes en ciertos países. El más primitivo, tal vez, sea el uso de un majador operado a mano ó con los pies (por medio de un balancín), que golpea al arroz cáscara o palay contenido en un mortero, que al igual que el majador es de madera. El efecto de golpeteo separa la cáscara del grano o carióspside y en --- cierta medida, se remueven el germen y partes externas del -- grano o carióspside. La mezcla de arroz descascarado y casca- rilla se separa avertando o paleando al aire y el palay se se para manualmente. (1, 5, 36, 41, 57, 58).

Los métodos actuales para la elaboración del arroz cáscara o palay son fundamentalmente mecánicos y según A.A.C. Ruysmans se pueden clasificar en 4 categorías y que a conti- nuación se reseñan (41) :

a) Sistema Convencional.- Ilamado sistema europeo, tie- ne las siguientes características :

- El palay limpio se descascara por medio de discos y - el palay no descascarado se retorna a una descascara- dora independiente.
- La separación de arroz moreno y palay se hace en un - tablero.

- El blanqueo es en tres o cuatro pasos en molinos de conos.
- El arroz blanco se pule en una pulidora de conos y se clasifica mediante cribas y cilindros.

b) Sistema Americano.- Originalmente el descascarado y el blanqueo se hacían en varias pasadas por descascaradoras - Engelberg. Posteriormente el descascarado se hacía en descascaradoras de discos y finalmente en la actualidad se utiliza el descascarador japonés de rodillos de goma. La separación de arroz moreno y palay es por el mismo procedimiento convencional y el blanqueo se lleva a cabo en las descascaradoras - (hullers) Engelberg en varios pasos; pero se ha venido substituyendo por blanqueadoras abrasivas horizontales, desarrolladas por los japoneses. La clasificación del arroz blanco es similar al sistema convencional (tradicional).

c) Sistema Japonés.- Se diferencia de los dos anteriores en tres aspectos :

- El descascarado se hace en rodillos de goma.
- El blanqueo se lleva a cabo en máquinas abrasivas horizontales.
- Separación de arroz moreno y palay en separadores compactos.

d) Sistema Químico-Mecánico.- Se le conoce como proceso de molturación con extracción por disolventes (proceso SEM o XM). Los pasos previos al blanqueo se realizan por el sistema convencional y el arroz moreno se acondiciona con aceite - crudo de salvado para ablandar las capas de salvado. De aquí

se blanquea en máquinas similares a las horizontales de tipo japonés. En éstas máquinas, el arroz se rocía con un disolvente de hexano/aceite de arroz, durante el proceso de elaboración. El disolvente cumple tres funciones :

- 1) Ayuda a separar el salvado.
- 2) Disuelve los aceites del salvado y del endospermo.
- 3) Ayuda a disipar el calor generado por la fricción durante el blanqueo.

Posteriormente se separa el arroz por cribado durante el cual, se somete el producto a un flujo constante de disolvente, y a continuación se clasifica y envasa por el sistema convencional. (17, 41, 70).

Como se ha visto en los párrafos anteriores, en un molino de arroz podemos encontrar una mezcla o combinación de componentes individuales entre los diferentes sistemas de elaboración (sobre todo en países en desarrollo) (41). Sin embargo, la operación de blanqueo, que es fundamental en la elaboración del arroz, se lleva a cabo en varias etapas o pasos, ya que según el consenso mundialmente aceptado en la industria, de ésta manera hay menor ruptura del grano y por consiguiente mayor rendimiento de grano entero. (1, 5, 8, 17, 36, 41, 57, 60, 62).

En los últimos años, en el mercado de la Industria Arrocera Nacional se introdujo el sistema Vertijet, en el cual el grano se blanquea en un solo paso. En los molinos de arroz mexicanos existen dos sistemas para elaborar el arroz : el convencional o tradicional, que consiste en el

blanqueo en molinos de conos, en varios pasos; y el sistema - Vertijet, en el cual, el blanqueo se realiza en máquinas de - cilindros verticales en un solo paso o etapa.

Alrededor de un 30% a 40% de los grandes molinos de la República poseen el sistema Vertijet, el cual ha cobrado auge en los últimos años (18). Los fabricantes de las blanqueadoras de este sistema proclaman que no rompe más el grano de -- arroz, en comparación con el sistema convencional.

Esta situación ha motivado la inquietud de aclarar en - este trabajo experimental de si el blanqueo en una etapa efectivamente elabora el arroz sin afectar su calidad molinera.

Es conveniente aclarar que la tesis presente no pretende demostrar la superioridad de un tipo de blanqueadora en relación a otra, sino la conveniencia de la elaboración en una o en varias etapas o pasos, tal y como se efectúa en los molinos industriales mexicanos.

II. OBJETIVOS

Objetivo General :

Evaluar la operación de blanqueo en una etapa y en 4 - etapas, y la operación de descascarado en ambos sistemas, en un molino industrial de arroz y utilizando como referencia - un molino de laboratorio.

Objetivos Particulares :

1.- Evaluar la operación de descascarado de arroz palay en - ambos sistemas y en el molino de laboratorio, en relación a las posibles diferencias en los rendimientos molineros de - arroz moreno.

1.1. Efectuar un muestreo estadístico durante el procesamiento de 3 ó más lotes de palay, del producto del descascarado : arroz moreno; y de la materia prima : arroz palay.

1.2. Determinar la composición física del arroz palay y la humedad de equilibrio a la que se encuentra después - del secado y almacenamiento.

1.3. Determinar los rendimientos molineros de arroz moreno.

1.4. Caracterizar la materia prima (palay) y analizar - estadísticamente los rendimientos molineros de arroz moreno en relación al % de quebrado total.

1.5. Determinar el % de cascarilla obtenida en el molino industrial y de laboratorio.

2.- Determinar si existen diferencias significativas en los rendimientos molineros de arroz blanco en el blanqueo de arroz moreno, en una y en 4 etapas y en el molino de laboratorio.

2.1. Efectuar un muestreo estadístico de arroz blanco, simultáneamente al de palay y arroz moreno.

2.2. Determinar los rendimientos molineros de arroz blanco.

2.3. Efectuar balances de materia para detectar pérdidas de grano durante el proceso y confrontarlos con los resultados de laboratorio.

2.4. Determinar el grado de elaboración o % de salvado removido, alcanzado durante el blanqueo en ambos sistemas.

2.5. Determinar la temperatura de la masa de grano, alcanzada durante la operación de blanqueo en ambos sistemas.

2.6. Analizar estadísticamente los rendimientos de arroz blanco en relación al % de Quebrado Total, así como el grado de elaboración y la temperatura de la masa de grano.

2.7. Si las diferencias en el % de Quebrado Total en el blanqueo en ambos sistemas son significativas, encontrar una correlación entre el % de Quebrado Total y el % de salvado removido; y entre el % de Quebrado Total y la temperatura de la masa de grano.

III. RESUMEN

Se efectuó un muestreo estadístico en dos molinos industriales correspondientes al blanqueo en una y en 4 etapas, para evaluar los rendimientos molineros y estudiar la conveniencia del blanqueo en una etapa, el cual fué introducido, como un supuesto adelanto tecnológico dentro de la Industria Arroceras Nacional.

Los resultados obtenidos por balance de materia en combinación con resultados de laboratorio, muestran que existen pérdidas importantes de arroz blanco total, como arroz quebrado, en el molino correspondiente al blanqueo en una etapa.

Se encontró que el % de quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo en 4 etapas, está determinado por el grado de elaboración alcanzado, encontrándose una ecuación lineal de predicción probabilística de asociación entre ambas variables.

Se descubrió que el % de quebrado Total de arroz blanco, en el blanqueo en una etapa está determinado no solamente por el grado de elaboración alcanzado, sino también por la temperatura registrada en la masa de grano a la salida del blanqueo, la cual explica mejor la variación en el rompimiento del grano que el grado de elaboración o % de salvado removido.

El blanqueo en una etapa no constituye un adelanto tecnológico, considerando el alto % de Quebrado Total de arroz blanco por unidad porcentual de salvado removido.

IV. ANTECEDENTES

1.- ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL GRANO DE ARROZ

1.1. Estructura.

El grano de arroz es un fruto en cariósipide, ya que la semilla ocupa la mayor parte, y es el resultado de la maduración del óvulo fecundado y del ovario, cuyas paredes forman el pericarpio. Este último está cubierto por la lema y la palea fértiles que forman la cáscara, que se encuentra estructuralmente separada del resto del grano. (12, 36, 54).

La estructura completa del grano se muestra en la fig. 1, y la proporción en peso de sus partes es : cáscara 15-30%, pericarpio 4-5%, capas de aleurona 12-14%, germen o embrión 2-3% y endospermo amiláceo 65-70%. (30, 54).

El pericarpio consta de tres zonas formadas por unas 6 capas de células distintas de 20-60 micras de espesor. El tegmen o cubierta seminal y tejido reservante. Las capas de aleurona varían en espesor y número, siendo éste último mayor en las variedades Japónica que en las Indica. Las células de almidón del endospermo son en forma enladrillada y radial en torno al centro. El germen se encuentra en la base de la región ventral del grano, y de él surge la nueva planta. (12, 30, 36, 54).

1.2. Composición Química.

La composición química depende de la variedad y de fac

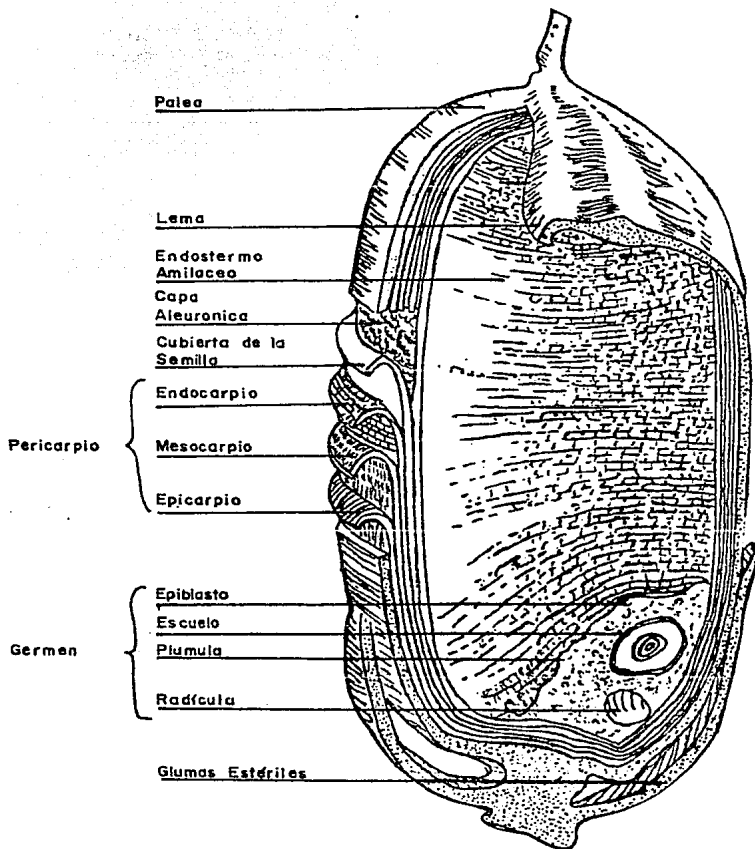


FIG. 1. Componentes Estructurales del Grano Madura. (54)

tores agronómicos y ambientales. En el cuadro 1 se muestra la composición media del arroz palay o arroz cáscara, del arroz descascarado o moreno (integral), y del arroz blanco o elaborado, dependiendo éste último, además del grado de elaboración en relación a su composición.

El principal componente son los carbohidratos en forma de almidón, constituido por amilosa y amilopectina. El arroz de tipo glutinoso o "céreo" carece de amilosa.

El contenido en proteínas es bajo en relación a otros cereales, pero dichas proteínas son de alta digestibilidad. Las capas de aleurona son ricas en proteínas, aceite, vitaminas del complejo B y minerales, quedando en su mayoría presentes en el salvado removido, en tanto que hacia el interior del grano el contenido en carbohidratos aumenta. (12, 30, 36, 40, 54).

2.- IMPORTANCIA DEL ARROZ EN MEXICO

El arroz es el cuarto grano en importancia después del maíz, trigo y frijol, dentro de la dieta nacional; y entre los cereales ocupa el tercer lugar en producción y consumo directo. Sin embargo, sólo ha participado con un 2.2% del valor de la producción agrícola nacional; con un 0.2% del valor agregado total agroindustrial y 0.4% del valor agregado de la industria alimentaria, en promedio durante 1965, 1970 y 1975. (2, 19, 38).

El valor de la producción no se ha incrementado significativamente hasta 1984, año en que se duplicó, en relación

C U A D R O 1
Composición del Arroz. (30).

COMPONENTE	ARROZ PALAY	ARROZ MORENO	ARROZ BLANCO
Agua (%)	12.55	11.68	12.90
Proteínas (%)	6.35	7.71	6.47
Grasa (%)	2.14	1.19	0.46
Carbohidratos (%)	65.19	77.79	79.43
Fibra Cruda (%)	7.84	0.70	0.25
Cenizas (%)	5.93	0.93	0.49

NOTA : porcentajes en peso.

al año anterior, alcanzando su valor máximo en 1985, pero las importaciones arroceras han aumentado de un 4% anual en el período 1965/1978, a alrededor de un 14% anual medio en el período 1979/1984. En contraste, después de 1978 las exportaciones han sido nulas o poco significativas (menores de 1,000 toneladas). (11, 19, 23, 25, 26, 27).

En el cuadro 2 se presenta la producción de arroz palay, observándose fluctuaciones en la superficie cosechada que presenta una variación anual media de 22.9% respecto a la superficie media anual que es de 156, 019 hectáreas; teniéndose en 1985 un incremento del 75.2% en relación a 1984, año en que se registró la menor superficie cosechada del período de 1979 a 1985. Esto propicia que haya irregularidades en la producción, la cual presenta una variación media anual de 27.1% -- respecto a la producción media anual que es de 544, 431 toneladas con un rendimiento medio anual de 3, 475 kg/ha, en el período 1979/85.

El consumo de arroz en el período de 1940/44 fué de 3.1 kg anuales, mientras que en el período de 1981/85 fué de 8.5 kg anuales, por lo que el incremento en el consumo en los últimos 45 años ha sido de 5.4 kg. Se estima que en el futuro éste consumo sea de 10 kg y que la demanda en el año 2,000 -- sea de 941, 300 toneladas, considerando una tasa anual de crecimiento de la población de 2.4%. (18, 25, 33).

Los mayores volúmenes de arroz elaborado se consumen en estado de grano entero como sopa seca o postre, prefiriéndose el arroz de grano translucido y claro al grano opaco con áreas de color yesoso ("panzas blancas"). En el mercado nacional -

C U A D R O 2
 Producción, Superficie Cosechada y Rendimientos
 de Arroz Palay de 1979 a 1985. (23,24,26,27).

Año	Superficie Cosechada (hectáreas)	Producción (ton.)	Rendimiento (kg/ha)
1979	151,228	493,794	3,265
1980	127,477	445,364	3,494
1981	174,792	651,947	3,730
1982	156,317	511,137	3,270
1983	136,318	415,667	3,049
1984	125,713	484,024	3,850
1985	220,287	809,085	3,673

NOTA : éstas cifras difieren de las presentadas por otras
 dependencia oficiales. (Ver ref. 38).

sólo se manejan dos calidades : la de "Arroz Sinaloa" que es de grano largo y cristalino y la de "Arroz Morelos", de grano ligeramente oblongo y con "panza blanca". (19, 38, 39).

3.- POST-COSECHA DEL ARROZ

La post-cosecha desde el punto de vista socioeconómico es la denominación con que se designa al sector de la industrialización o transformación del arroz, cuyas etapas se muestran en la fig. 2, las cuales a su vez comprenden una o varias operaciones.

En México las pérdidas derivadas por una cosecha inadecuada (v.g. humedad excesiva del grano), ascienden al 3% de la producción de arroz palay y del 5% en rendimiento de arroz blanco entero. Asimismo, la capacidad de secado es por lo general insuficiente, por lo que se abusa de las altas temperaturas para acelerar el mismo; mientras que en el almacenamiento la ausencia de sistemas de control de humedad/temperatura del grano es generalizada, por lo que se alcanzan mermas de 1.35% en bodegas con aireación, hasta 4.40% en sacos. (8).

La comercialización se realiza en tiendas de autoservicio, centrales de abasto y CONASUPO, a las que llega el arroz blanco por medio de camiones y ferrocarriles, siendo los industriales los que lo distribuyen. (19).

A continuación se describen las etapas de la post-cosecha, dándose mayor énfasis en la elaboración del arroz.

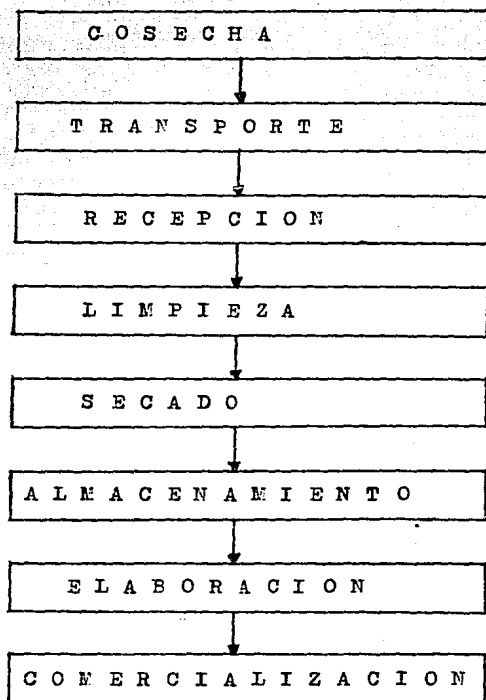


FIG. 2. Actividades Socioeconómicas de la Post-Cosecha.

3.1. Secado del Arroz Palay.

El arroz se seca previa limpieza, desde una humedad óptima de cosecha, hasta una humedad de 13-14% (b.h.), en la -- cual hay menor ruptura del grano durante la elaboración; y se evita durante el almacenamiento, la proliferación de mohos y bacterias, y a la actividad enzimática de descomposición del propio grano, debiéndose dar un equilibrio higroscópico del -- mismo con el aire ambiental.

Existen en general dos sistemas para secar al palay :

3.1.1.- Secado al sol.- Se realiza en la misma -- planta erecta, y antes ó después de la trilla. En el secado en el campo, antes y después de la trilla, se produce la "que madura por hacinamiento" que da un color amarillo-café al gra no elaborado, y la formación de fisuras o grietas, la cual se da también en el palay trillado que se seca en : esteras de - paja, suelos aplanados duros y lisos ó pisos de concreto. El espesor de la capa de grano debe ser de 3 a 5 cm, dispersando a éste con los pies.

Las fisuras se deben a cambios de temperatura y humedad en el ambiente que se traducen en un 20% de incremento de gra nos quebrados durante la elaboración, respecto a métodos mecá nicos.

3.1.2.- Secado Mecánico.- Involucra el secado en una capa ó en sacos de grano del palay estático ó en movimien to, por medio de aire forzado, impulsado ó aspirado por venti ladores, y calentado mediante : quemadores de aire; serpentin es de vapor; hornos que queman la cascarilla del grano; radi

ación solar o infrarroja; el mismo calor disipado por el motor de un ventilador. Se utilizan dos tipos de secadores mecánicos :

a) Secadores batch o por lotes.— Pueden ser de lecho plano o poco profundo de 30 a 50 cm de profundidad del grano, en cajas de madera horizontales, ó de lecho profundo en recipientes verticales con una profundidad del lecho de 3 a 5 m. El piso del lecho es una malla de alambre o placas perforadas por las cuales penetra el aire impulsado por un ventilador.

b) Secadores continuos.— Miden de 4 a 20 m y se colocan en serie de 3 ó más, para secar grandes cantidades. El secado se realiza en etapas múltiples, removiéndose en cada paso del 2-5% de humedad del grano. Cada secador puede tener ó no, una sección de : precalentamiento, secado y enfriamiento; y entre uno y otro secador un silo de atemperado o reposo del grano (secado intermitente) para homogeneizar la humedad en el mismo. Pueden ser con mezcla del grano ó sin él. El mezclado puede ser con deflectores (fig. 3) ó con distribuidores del aire en forma de V invertida. Sin mezclado pueden ser : con cribas que forman cámaras por las cuales pasa el grano (12-23 cm de espesor) hacia abajo, transportado por paletas ó helicoidales; ó por gravedad en forma de columna descendente (fig. 4).

(Ref. de la sección 3.1. : 5, 17, 30, 36, 42, 54, 62).

3.2. Almacenamiento.

El arroz se puede almacenar : (a) húmedo, antes de la trilla; (b) seco con cáscara (palay) y (c) elaborado o semi

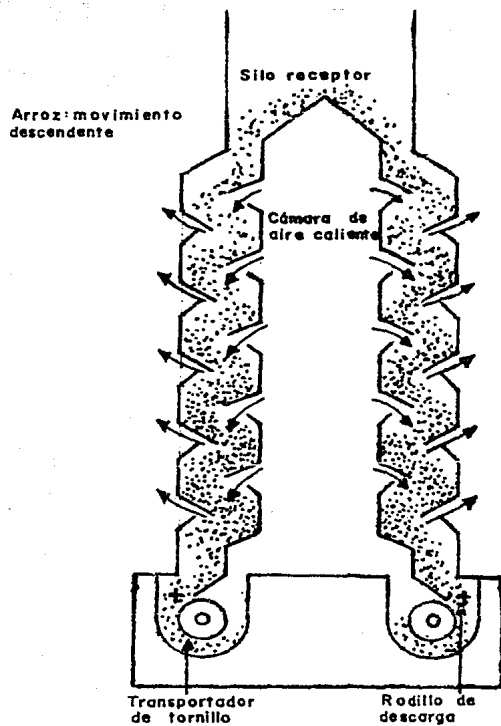


FIG. 3. Diagrama Esquemático de un Secador de Tipo Mezclador con Deflectores.

(30)

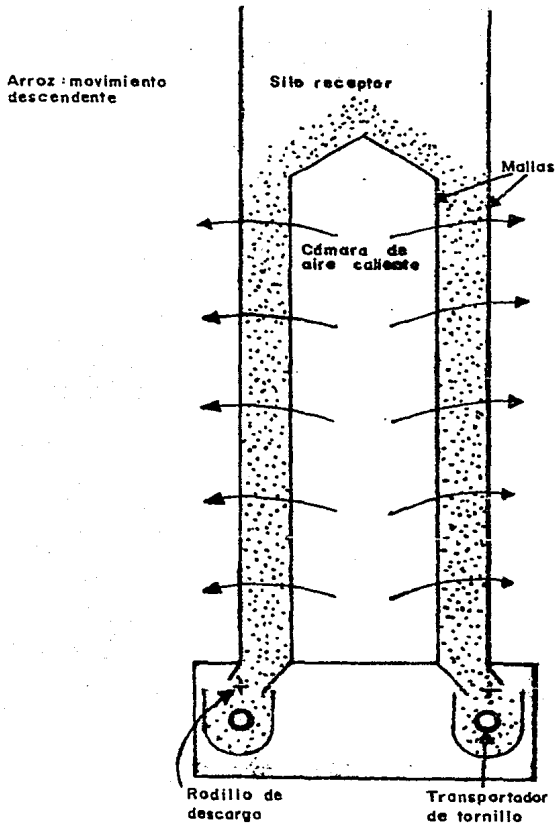


FIG. 4. Secador Continuo Vertical de Columna Descendente. (30)

elaborado. El arroz palay seco (13-14% de humedad) está menos expuesto al ataque de insectos y hongos, en relación al arroz descascarado y semi-elaborado, debido a que la cáscara le confiere cierta protección; siendo además más económico - su almacenamiento en grandes volúmenes que el arroz elaborado, el cual corre un mayor riesgo de infestación; posibilitando también, aplazar los gastos de la elaboración y mantener una producción constante. (1, 5, 30).

Las pérdidas durante el almacenamiento afectan tanto a la calidad como a la cantidad de arroz, y son causadas por : insectos, roedores, pájaros, mohos, bacterias y alta temperatura y humedad relativa ambientales, ó por cambios en las mismas. Estas últimas provocan el ablandamiento y el fisurado del grano, que se rompe durante la elaboración. Los factores mencionados se toman en cuenta para la construcción y diseño del almacén. (1, 20, 30, 64).

La fumigación de los almacenes es un recurso tecnológico de prevención y combate en la lucha contra la infestación por insectos. (37).

El palay se almacena predominantemente de dos formas :

1) A Granel.- Generalmente con transporte mecánico : bandas transportadoras, gusanos transportadores y elevadores de canchales; ó mediante transporte neumático, que es inadecuado por las características abrasivas de la cáscara. Se utiliza generalmente sistema de aireación con uno ó varios ductos para evitar focos calientes en la masa del grano. Se lleva a cabo en :

(a) Silos.-- Grandes ó pequeños, metálicos ó de concreto reforzado; siendo más económicos para capacidades de 700 a 1,200 toneladas, los pre-fabricados de acero por la facilidad de su erección y poco peso, pero el metal es el peor material de construcción por su alta conductividad térmica, siendo inadecuado en los trópicos. Ver fig. 5-a.

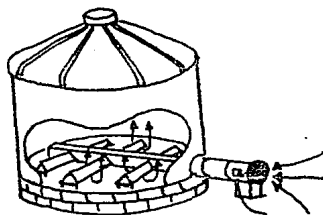
(b) Almacenes horizontales.-- Presentan ciertas ventajas sobre los silos : menor inversión inicial, facilidad de construcción, mayor flexibilidad en su uso y rápida adopción de sistemas de aireación. Ver fig. 5-b.

2) En Sacos.-- El palay se almacena así, cuando el transporte está poco desarrollado y son necesarios los sacos; y por variaciones de numerosos lotes pequeños de palay, considerando calidad y condiciones de transporte y cosecha. También se almacena así el arroz elaborado, porque su manejo a granel ocasiona fácil ruptura del grano. El almacenamiento en sacos implica almacenes horizontales, en los cuales los sacos se estiban en tarimas de madera, apilándose manualmente ó con montacargas. Los costos de operación por la mano de obra son mayores, y los costos de construcción son similares, con respecto al sistema a granel. Asimismo se tienen mayores pérdidas por roedores e insectos.

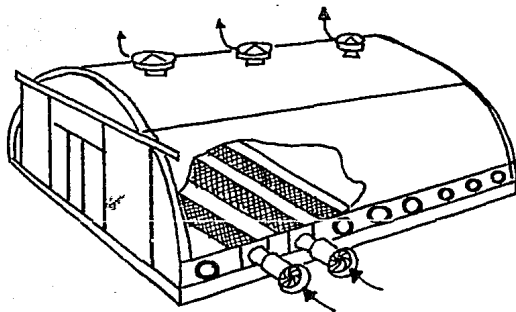
(Ref. de la sección 3.2. : 1, 17, 30, 40, 43, 62, 64).

3.3. Elaboración del Arroz.

El término "elaboración" según F.M. Gariboldi debe involucrar no solo las operaciones de descascarado y blanqueo, si



(a) Silo con Ducto Principal y Ductos Laterales para la Aireación del Grano.



(b) Almacén Horizontal con Ductos Laterales para la Aireación del Grano.

FIG. 5. Construcciones para el Almacenamiento a Granel del Palay. (30)

no todas las operaciones implicadas en el proceso de transformación del palay en arroz blanco (35). Un proceso muy completo se muestra en el diagrama de bloques de la fig. 6.

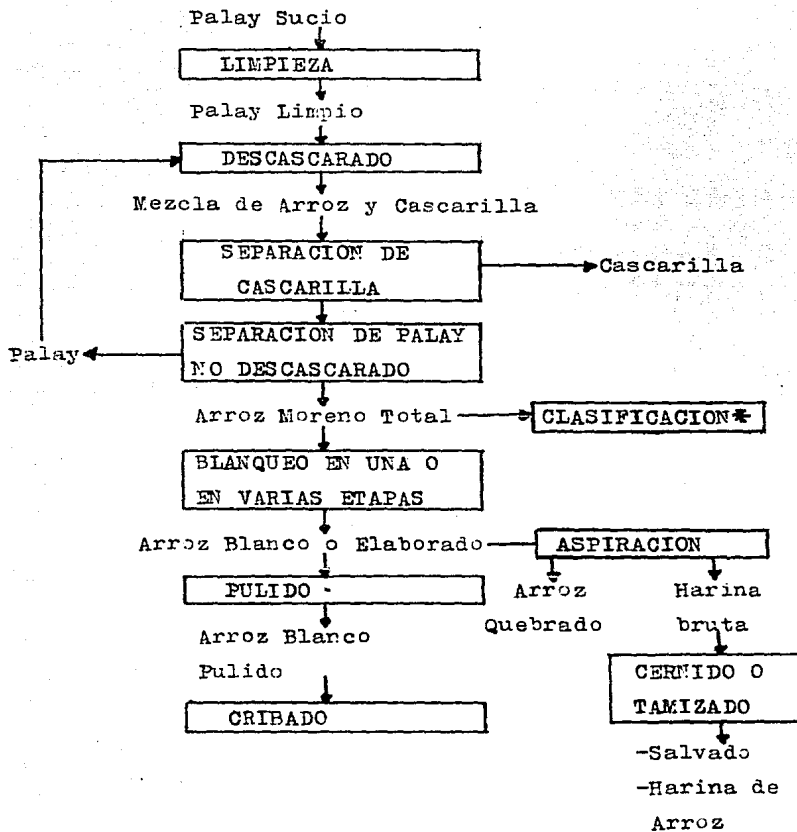
Los objetivos de dicha transformación son :

- (a) Obtener el máximo rendimiento de producto comestible o -- arroz blanco total ;
- (b) Obtener la mejor calidad molinera posible, o sea el mayor porcentaje de granos enteros y el mínimo de granos rotos e impurezas ;
- (c) Obtener el mínimo costo posible de procesamiento. (1, -- 35, 57, 62).

La recuperación de arroz blanco total aumenta mientras más operaciones tenga el proceso de elaboración, basándose la evaluación y comparación de eficiencias de molienda más en todo el proceso que en la unidad descascaradora o blanqueadora. (30).

3.3.1.- Limpieza del arroz palay.-- Su finalidad es remover toda clase de impurezas que acompañan al arroz palay desde la cosecha hasta el almacenamiento, y que están -- constituidas por : paja, piedras, partículas metálicas, polvo, restos de insectos, semillas extrañas (de malezas) y granos -- vanos. Influye directamente en la calidad del arroz elaborado; protege al equipo de molienda y hace más eficiente al secado.

La separación de materias extrañas se basa en diferencias en : tamaño (longitud y espesor), forma (largo/ancho), -



* Cuando se destina para la exportación.

FIG. 6. Diagrama de Bloques del Proceso de Elaboración del Arroz. (Adaptado de Esmay, 30)

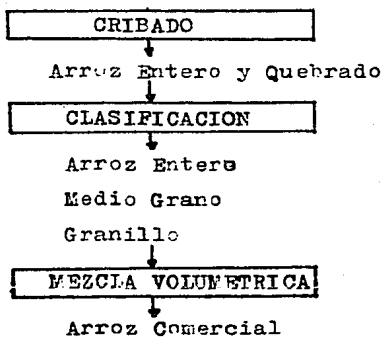


FIG. 6. Continuación del Diagrama de Bloques del Proceso de Elaboración del Arroz. (30)

densidad y peso de las impurezas en relación al palay.

El equipo más común para la limpieza consta de :

A) Limpiadora de tamices vibratorios.- Puede ser abierta con doble criba ó con cribas de autolimpieza; y tiene movimiento reciprocante, e inclinada en relación a la horizontal, con una frecuencia de oscilación entre 300 y 400 golpes dobles por minuto. El palay se alimenta por una tolva y pasa por el tamiz superior que retiene a las impurezas grandes, siendo retenido por la segunda criba con perforaciones más pequeñas, por las que pasan las impurezas pequeñas. Posee ventiladores para aspiración de polvo y materia ligera, y ciclones para su recolección. Las cribas de autolimpieza poseen bolas de caucho entre un tamiz y otro.

B) Limpiadora de cilindros rotatorios.- Puede ser de un solo tambor (fig. 7) ó de dos tambores. Esta última tiene un tambor de prelimpia y otro de limpieza, y tiene una chapa de guía con regulación variable. Las impurezas grandes son retenidas en la parte externa de los tambores y el palay los atraviesa, siendo sometido a una corriente de aire, y pasa después (según el equipo) a una cámara de expansión para separar impurezas ligeras aspiradas por ventiladores y colectadas en ciclones. La altura del tamiz neumático permite al grano (más pesado) salir y caer por su propio peso, mientras las impurezas ligeras son transportadas por un helicoidal.

C) Limpiadores neumáticos.- Consisten de un ventilador que crea un flujo de aire de succión que pasa a través del palay que cae libremente, separando impurezas ligeras como : polvo, granos vanos e inmaduros. También se utilizan para aspirar

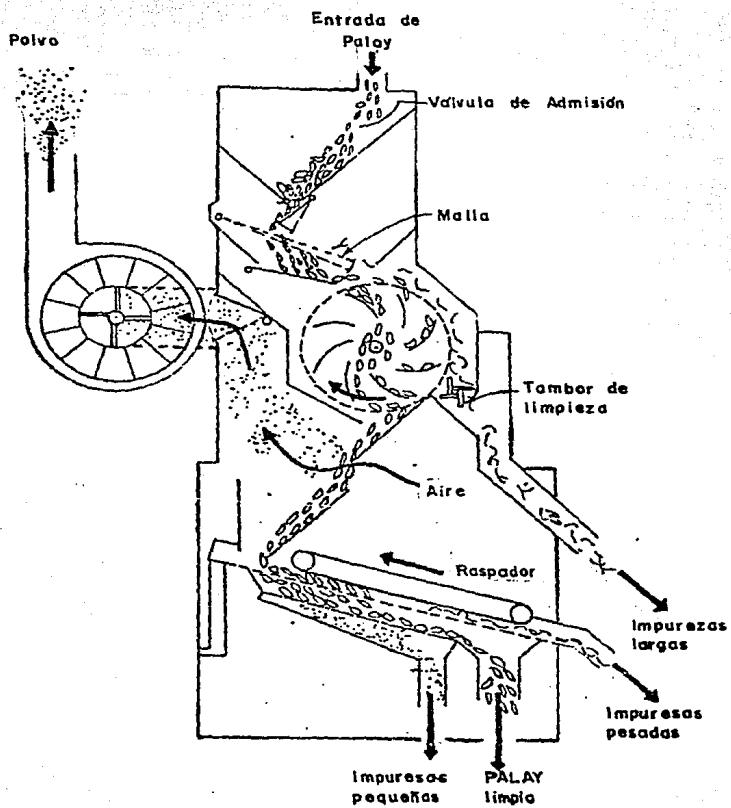


FIG. 7. Limpiadora de Palay de un solo Tambor. (30)

al palay y separarlo de piedras u objetos densos.

D) Separadores magnéticos.- Van generalmente antes de los limpiadores mencionados, a la salida de las tolvas de alimentación de los ductos de descarga del palay. Pueden ser imanes permanentes ó electromagnéticos y descargarse las piezas metálicas removidas, manualmente o por gravedad. En el segundo caso el imán está montado sobre un cilindro rotatorio.

3.3.2.- Descascarado del arroz palay.- Se obtiene arroz moreno o integral (entero y quebrado), cascarilla y un primer salvado, en el cual van algunas cabecillas, gérmenes y polvo. Además sale palay sin descascarar ya que se ajustan las máquinas para obtener un 95% de palay para evitar un rompimiento excesivo del grano. El palay no descascarado o de retorno vuelve a pasar por descascaradoras, ajustadas para palay más pequeño.

El descascarado se realiza en los siguientes equipos :

A) Descascaradora de ruedas.- Consiste de dos discos horizontales de piedra o de hierro fundido, recubiertos en las caras que se enfrentan con una mezcla de esmeril y carborundo (carburo de silicio) y un compuesto cementante (cloruro de magnesio y magnesita). La proporción recomendada de espesor del recubrimiento con el diámetro del disco es de 1/6 o 1/7. El disco superior está fijo y el inferior gira en movimiento circular unido a un eje vertical conectado a un árbol general de movimiento ó a un motor individual. Dicho eje posee una palanca de reglaje para ajustar la separación entre los discos. El palay es alimentado a través de una tolva cen---

tral y la acción centrífuga causa el movimiento hacia afuera del palay entre los discos, tendiendo los granos a adquirir una posición vertical, separándose la cáscara del grano.

Estos equipos tienen un alto efecto descascarador, pero requieren de una longitud uniforme del grano, y un ajuste cuidadoso, de tal manera que los granos más largos y mejores de un lote no se quiebran. Además tiene el inconveniente de abradir al grano. Es la máquina más antigua y la más utilizada en los países en desarrollo. Se muestra en la fig. 8.

B) Descascaradora de rodillos de caucho.- Consiste de dos rodillos horizontales y paralelos que giran en sentido contrario a una velocidad diferencial que debe ser del 25% de un rodillo en relación al otro. Las máquinas compactas incluyen además, dispositivos de separación y limpieza (aventador, criba, clasificador) y de transporte (elevador y lanzador); mientras en los grandes sistemas tienen éstos componentes separados.

El palay alimentado se regula por una puerta de admisión que oculta a un pequeño rodillo; y corre entre los rodillos tangencialmente en una capa delgada y uniforme. Uno de los rodillos está fijo y el otro se ajusta mediante un volante ó por un mecanismo automático que separa los rodillos y apaga el motor si hay una interrupción del flujo del palay. De ésta manera se varía la distancia entre rodillos que debe ser de alrededor de la mitad del grosor del palay. La presión del resorte de ajuste debe ser de más de 4.75 kg/cm^2 por unidad de ancho del rodillo. La separación entre rodillos y por ende de la presión que éstos ejercen en el grano

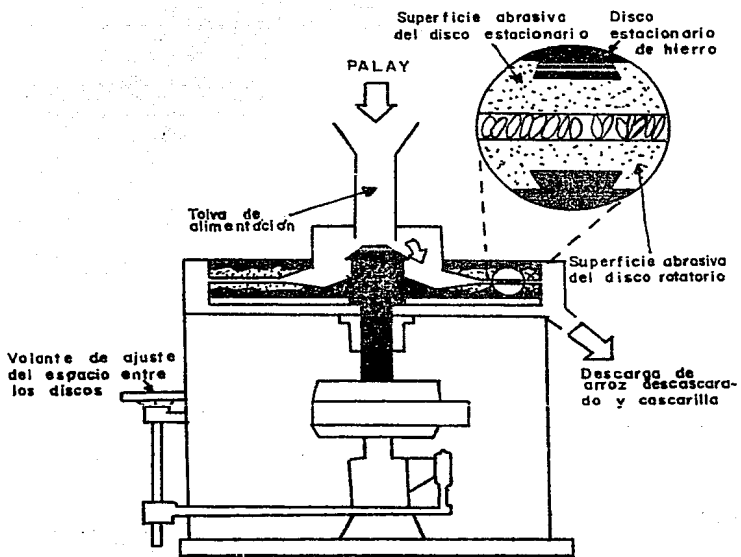


FIG. 8. Descascaradora de Muelas o Discos. (30)

depende del tipo de grano a procesar (variedad).

El descascarado se produce por la presión de contacto causada por la deformación del caucho en el punto de contacto entre los rodillos y la fuerza cortante de deslizamiento debida a la fricción ocasionada por las distintas velocidades de los mismos, machacándose las glumas y separándose del grano. Ver fig. 9.

Sus ventajas son : (a) descascarado suave y por tanto rendimiento elevado; (b) baja ruptura de grano y en consecuencia mayor porcentaje de grano entero; (c) prácticamente no se produce harina ni salvado. El uso de ésta descascadora está muy difundido.

El inconveniente es su alto costo inicial y el desgaste intenso y desigual de los rodillos, debido a las características abrasivas de la cáscara y a la distribución desigual del palay, respectivamente; por lo que es necesario invertirlos cada 400 ton. de palay y reemplazarlos cada 800 en condiciones óptimas (36). En los trópicos húmedos y calientes la eficiencia de los rodillos es desfavorable, renovándose frecuentemente cada 200 ton. de palay como máximo, encontrándose en Surinam que los rodillos se tuvieron que cambiar después de 30 ton. estando garantizados para unas 100 ton. (60). Además son específicos para variedades de grano corto, teniendo los granos largos una mayor superficie de contacto con los rodillos que se desgastan más rápido, acortándose su vida útil.

C) Descascadora de banda de caucho.— Esta formada por una banda ancha sinfín de caucho de llantas para automóvil de ca

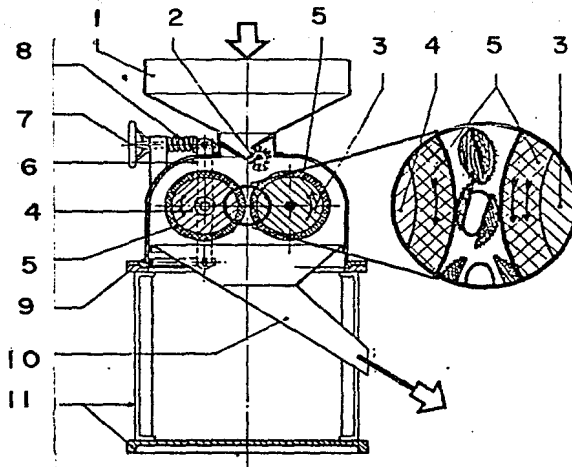


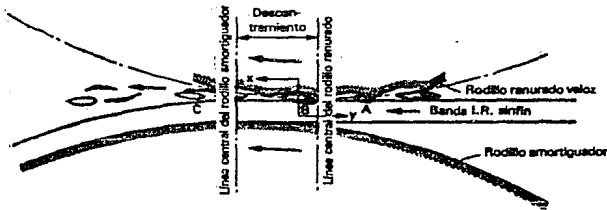
FIG. 9. Descascaradora de Rodillos
de Caucho. (14)

lidad especial, construida de grueso uniforme en toda su longitud y anchura; y consta de tres rodillos cilíndricos de acero : uno tensor de la banda y en paralelo con un rodillo amortiguador sobre el que se descascara el palay; y el tercero, - acanalado o ranurado veloz, montado en forma ajustable mediante volantes sobre el rodillo amortiguador, con su línea central vertical ligeramente adelantada en relación a éste último.

El palay se transporta sobre la banda en una sola capa uniforme en toda su longitud. El palay se descascara por presión del rodillo ranurado sobre el grano de palay que se hunde ligeramente en el caucho elástico apoyado en el rodillo amortiguador, y por la fricción ocasionada por la diferencia - de velocidades entre ambos rodillos. Ver fig. 10.

D) Descascaradora tipo Engelberg. - Consta de un cilindro metálico que se describe en la operación de blanqueo. Este equipo se describe en la operación de blanqueo. Este equipo re-mueve la cáscara y el salvado del grano en una sola etapa, sometiendo al grano a presión y fricción excesivas, sobrecalentándolo, y aumentando la ruptura del grano y disminuyendo el rendimiento de arroz elaborado o blanco total. Además el salvado sale de la malla perforada mezclado con cascarilla molida. Tiene un rendimiento de arroz blanco total del 50-60% en relación al palay y se utiliza en instalaciones pequeñas de -bajo rendimiento.

3.3.3.- Separación de cascarilla. - Los molinos -- no cuentan con descascaradoras-aventadoras se sirven de un separador de cascarilla, el cual puede ser un simple aspirador



Corte en el punto de descascarado

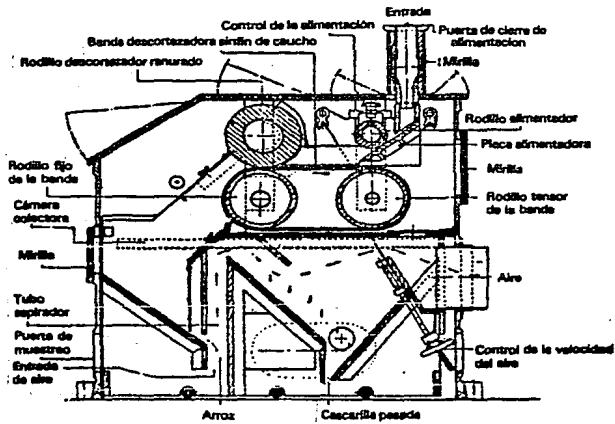


Ilustración que muestra su construcción

FIG. 10. Descascaradora de Banda de Caucho. (36)

de succión mediante un ventilador ó una cribadora aspiradora, para separar el producto del descascarado, que es una mezcla de : (a) arroz moreno entero, quebrado y fragmentos de grano; (b) cascarilla; (c) palay no descascarado; (d) un primer salvado llanado moyuelo grueso o salvadillo, constituido por -- salvado muy fino y fracciones molidas finas de cascarilla.

Esta mezcla se hace pasar por una cribadora o zaranda vibratoria (similar a la utilizada en la limpieza del palay), provista de dos juegos de tamices, que separan el moyuelo -- grueso y los fragmentos de grano de arroz moreno. El producto de ésta separación se hace llegar a dos canales de aspiración, en donde una corriente de aire cuidadosamente regulable separa la cascarilla sin arrastrar al grano entero ni al quebrado. En esta máquina se separan y clasifican los granos quebrados del moyuelo grueso y las cascarillas.

El aspirador simple separa la cascarilla del arroz moreno y palay. También puede separar los granos inmaduros -- que son aspirados junto con la cascarilla y colectados separadamente de ésta. Posee dos válvulas de control : para el aire y para los granos inmaduros. La separación se basa en la velocidad y flujo del aire, y en las características físicas del grano ó partícula : dimensiones, forma, gravedad específica, rugosidad de su superficie, posición y velocidad. La separación aumenta a menor densidad del grano y mayor superficie proyectada perpendicularmente al movimiento del aire. Ver fig. 11.

3.3.4.- Separación de palay no descascarado.- El palay no descascarado separado es más pequeño por lo que se

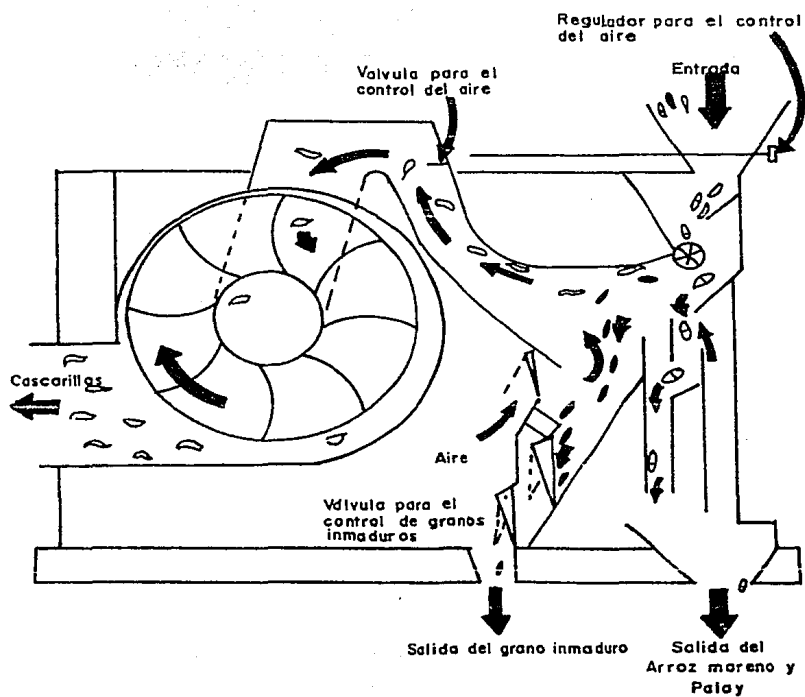


FIG. 11. Aspirador de Cascarilla con Ventilador de Succión. (30)

descascara en descascaradoras (de menor tamaño ó no) ajusta--
das con menor separación entre rodillos.

La separación del palay se basa en las diferencias exis--
tentes de : peso específico, elasticidad superficial y el po--
der de deslizamiento de los granos de arroz moreno y palay; y
en otro tipo de separadoras en el color. Hay 3 tipos de sepa--
radoras, dos de las cuales se describen. La separadora no --
descrita no se usa en la práctica y separa neumáticamente por
diferencias en el color (ver ref. 17).

A) Mesa de compartimentos..- Consiste de : una caja alimentado--
ra, mesa separadora con compartimentos, la base, mando y rue--
das de apoyo. La caja alimentadora regula y distribuye la --
carga en cada compartimento, ya que posee un registro verti--
cal y compuertas ajustables. La mesa tiene un movimiento re--
ciprocante en sentido longitudinal (hacia adelante y hacia --
atrás), debido a 4 llantas de goma y a un mecanismo de rueda
excéntrica; y además se puede inclinar en forma transversal,
ya que el armazón de acero es libre de torsionar. Cada com--
partimento tiene placas o lados en zig-zag, en ángulo de 90°
con la dirección del movimiento de la mesa; y su fondo es de
acero muy liso y ligeramente inclinado, con el lado más alto
en el extremo de descarga del palay.

Los lados oblicuos del compartimento tienden a impar--
tir al grano, un desplazamiento ascendente, pero la mayor --
densidad del arroz moreno hace que éste se deslice hacia aba--
jo y se colecte en una artesa o canal, mientras que, el pa--
lay más elástico se descarga en la canal superior. Las cana--
les pueden estar inclinadas de diversas formas para descar--
gar ya sea en el centro ó en uno de los extremos de la máqui

na. Ver fig. 12.

La mesa tiene varios niveles, usualmente de 3 a 5, y -- tienen también puertas de inspección que permiten observar el comportamiento de los compartimentos en los diferentes niveles.

B) Separadoras de bandejas.-- Consisten de varias filas de bandejas de acero con muescas, e inclinadas a un ángulo determinado, que se puede ajustar al igual que la magnitud y frecuencia de la vibración (fig. 13-a). La bandeja tiene un movimiento hacia arriba en dirección a la parte superior de la misma por donde se alimenta a la mezcla de palay y arroz moreno. Los granos saltan y bajan sobre las bandejas que imparten un movimiento ascendente y hacia la izquierda al arroz moreno -- que permanece en la parte superior, mientras que el palay desciende también hacia la izquierda.

Estas máquinas descargan tres corrientes : (a) el arroz moreno solamente; (b) arroz palay; (c) una mezcla de palay y moreno, la cual se recircula a través de la máquina hasta lograr una separación completa (ver fig. 13-b). La separación se lleva a cabo por las diferencias en las propiedades físicas del grano, como tamaño, peso específico y coeficiente de fricción superficial. Mediante un ajuste apropiado también -- es posible separar partículas de baccara grandes de las pequeñas.

3.3.5.- Blanqueo del arroz moreno.-- La operación consiste en eliminar en varias etapas o pasos (no menos de -- dos) las capas externas de color obscuro (pardo y verde) que

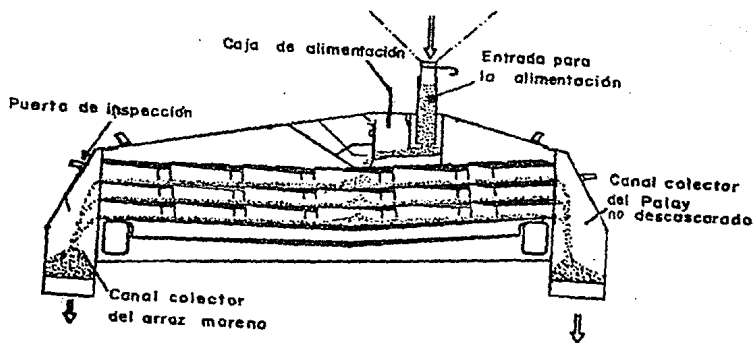


FIG. 12. Sección Transversal de la Mesa de
Compartimentos. (33)

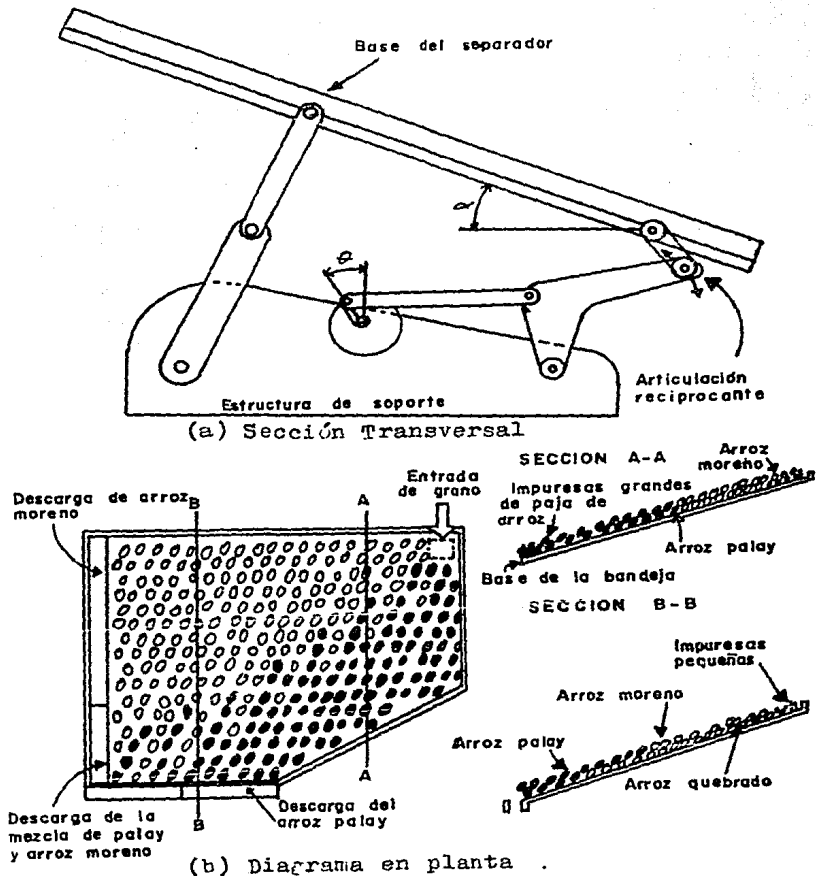


FIG. 13. Separadora Japonesa de Bandejas. (30)

constituyen el salvado o afrecho, y el germen remanente, del grano de arroz moreno para obtener el arroz blanco. Se lleva a cabo mediante medios mecánicos que pueden ser de dos tipos, como se muestran en la fig. 14. En consecuencia, las blanqueadoras se pueden clasificar de acuerdo a la naturaleza de su superficie en abrasivas y no abrasivas o lisas; y de acuerdo a su forma en conos y cilindros, que es la manera usual en que se agrupan, por lo que se describen a continuación :

A. Blanqueadoras de Conos.

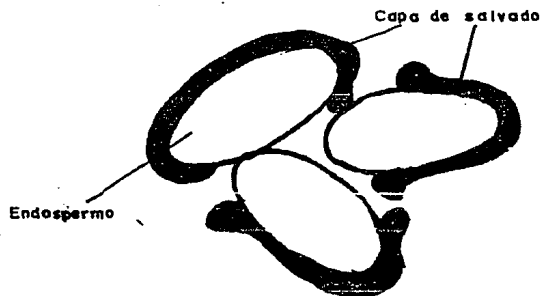
Constan de un cono truncado de acero, vertical u horizontal, normal ó invertido (la base menor en la parte superior), y generalmente recubierto de una capa abrasiva de esmeril y carburo de silicio, mezclados con cloruro de magnesio y magnesita.

El cono vertical (fig. 15), gira en el interior de una envoltura metálica perforada o mala de acero, por la que atraviesa el salvado removido que se descarga mediante un raspador. El arroz moreno pasa por entre la envoltura metálica y el cono que gira, siendo alimentado por una tolva en la parte superior de la blanqueadora. El polvo de arroz que se produce es aspirado por succión de aire en la parte superior, entre la carcasa y el exterior de la malla, aspirándose también el aire caliente y húmedo, generado por el calentamiento del grano. Después de que pasa por la sección de blanqueo, el grano es transportado por navajas móviles a la descarga del arroz elaborado.

La distancia entre el cono y la malla se puede variar para regular el grado de elaboración o remoción de salvado,



- (A) Frotamiento del Grano contra una Superficie Abrasiva en movimiento



- (B) Frotamiento de un Grano contra Otro mientras se somete al Arroz a una Presión ligera.

FIG. 14. Principio de la Elaboración.

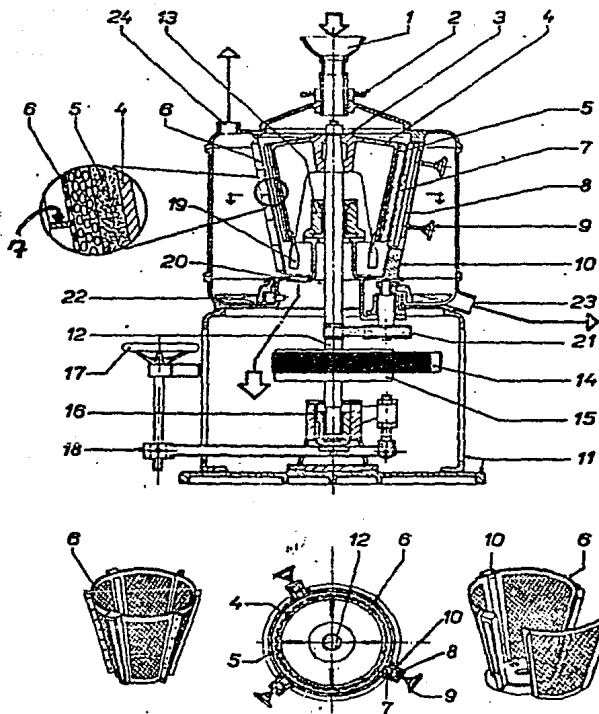


FIG. 15. Cono Abrasivo Blanqueador. (14)

FIG. 15. Cono Abrasivo: Blanqueador.

- (1) Tolva de alimentación
- (2) Volante de control de la alimentación
- (3) Abrazadera del cono
- (4) Cono de hierro
- (5) Superficie abrasiva del cono
- (6) Envoltura metálica perforada
- (7) Frenos de caucho
- (8) Bastidor de los frenos de caucho
- (9) Volante de regulación de los frenos de caucho
- (10) Alojamiento del cono rotatorio
- (11) Estructura de soporte
- (12) Flecha o eje del cono
- (13) Cojinete superior
- (14) Banda
- (15) Polea motriz
- (16) Cojinete inferior
- (17) Volante de ajuste del espacio entre el cono y la malla metálica
- (18) Brazo de soporte del eje
- (19) Transportador de grano elaborado
- (20) Salida del grano
- (21) Polea del transportador de salvado
- (22) Transportador de salvado
- (23) Salida del salvado
- (24) Salida del aire aspirado

elevando ó bajando la altura del cono, mediante un volante - que sube ó baja el cojinete sobre el cual descansa la flecha o eje del cono.

También se puede variar la velocidad de rotación y la alimentación; y a intervalos periódicos se ajustan frenos de caucho, que pueden formar parte integral de la malla ó no, y que se proyectan entre la malla y el cono, para retardar el movimiento del grano contra la superficie abrasiva, regulando el grado de elaboración.

Los lados de la blanqueadora están provistos de puertas para la inspección de la malla y para ajustar los frenos mediante volantes de mano.

Las blanqueadoras horizontales de cono abrasivo son de fabricación japonesa, y su fundamento es similar al de las blanqueadoras verticales.

En el proceso de elaboración en medio disolvente (proceso SEM o XM), la blanqueadora es de cono vertical invertido, siendo éste de superficie no abrasiva o lisa, y lleva un mínimo de cuatro estrías exteriores longitudinales curvas.

B. Blanqueadoras de Cilindros.

Constan de un cilindro metálico que gira en el interior de una envoltura metálica con ó sin perforaciones, y recubierto ó no con un material abrasivo. Se agrupan en :

1) Cilindros con superficie abrasiva.- Se diferencian 3 tipos :

(a) Horizontales.- El eje gira a gran velocidad (1,000 rpm) y está hueco, permitiendo el paso de aire forzado. El arroz

moreno es impulsado por un transportador de tornillo bajo una presión ligera por entre el cilindro y la malla provista de frenos. A la salida el grano choca con una placa con pesas desmontables que ejerce una presión de retroceso, la cual -- junto con la que ejerce el tornillo determina el tiempo de -- blanqueo, regulando el grado de elaboración (ver fig. 16).

(b) Verticales.-- Constan de 3 a 5 secciones recubiertas de esmeril que giran en el interior de una malla que atraviesa el salvado. El arroz moreno se alimenta por la parte superior.

(c) Oblicuos.-- Constan de dos cilindros paralelos formados -- cada uno por 11 a 14 discos de esmeril, girando en sentido -- opuesto.

Los tres tipos son de diseño y fabricación japonesa y se usan en Japón y países de Extremo Oriente, siendo los horizontales los de mayor difusión.

2) Cilindros con superficie no abrasiva.-- Se diferencian 3 -- tipos :

(a) Tipo Engelberg.-- Son horizontales con estriás longitudinales (en espiral y rectas) en un extremo del cilindro que -- impulsan al arroz moreno hacia el otro extremo. El salvado atraviesa la parte inferior perforada de la cubierta que posee una cuchilla que evita que la masa de grano gire junto -- con el cilindro sin elaborarse. (Ver fig. 16).

(b) Tipo Satake.-- Son similares a los de tipo Engelberg, pero su eje es hueco, por lo que permite el paso de aire forzado que arrastra al salvado a través de una malla hexagonal, limpiando y enfriando al grano y previniendo el calentamiento.

to de la blanqueadora. Se usan en Japón y Extremo Oriente, y en Occidente se utilizan como pulidoras (jet pearler), elaborando bien el arroz en un paso, pero requiriendo de dos pasos para reducir el rompimiento del grano.

(c) Verticales.-- Constan de un cilindro que posee dos navajas o cuchillas y que gira dentro de una malla metálica. El arroz moreno se recibe en una tolva lateral y se alimenta por la parte inferior por un tornillo transportador que lo sube a la sección de blanqueo, saliendo por el otro extremo cuya descarga tiene una placa con pesas. En México se les conoce como blanqueadoras "vertijet", a las que se aludirá más adelante.

3) Cilindros mixtos.-- Constan de un cilindro el cual se muestra en la fig. 16, y en el cual se tienen las dos superficies : abrasiva y no abrasiva o lisa. La elaboración se efectúa en la misma máquina, en forma sucesiva mediante abrasión y fricción. Solo existe un modelo japonés y según sus fabricantes reduce en 5.3% el porcentaje de medianos.

3.3.6.- Pulido del grano elaborado.-- Es una operación opcional, en la cual se eliminan del grano, finísimas partículas de salvado suelto, para darle una superficie lisa y un lustre vítreo.

Se lleva a cabo en conos verticales u horizontales, que en lugar de estar recubiertos con una superficie abrasiva, poseen bandas de cuero. El grano pasa por entre el cono y la envoltura perforada bajo una presión muy suave. Usualmente existe una aspiración del polvo producido durante el descascado y blanqueo. También se utilizan los cilindros lisos.

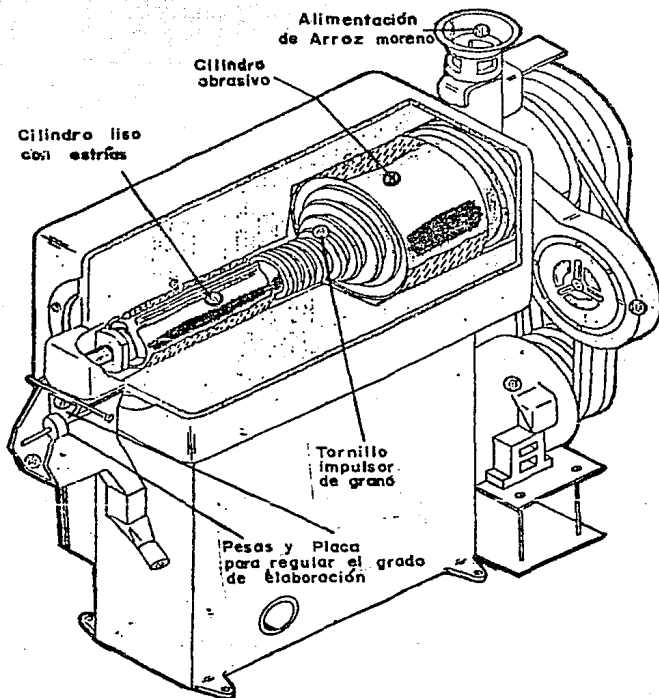


FIG. 16. Blanqueadora de Cilindro Mixto. (3)

3.3.7.- Clasificación del arroz blanco.- Se hace con el fin de establecer la calidad del arroz elaborado, separando y clasificando el grano entero del quebrado, de acuerdo a los requerimientos comerciales.

La clasificación se basa en las diferencias de tamaño : longitud y grosor, y consta de tres pasos :

- 1.- Separación preliminar por diferencias de grosor del quebrado pequeño, mediante una cribadora giratoria o plansifter (gyrosifter o rotolipse), que también puede separar el grande.
- 2.- Separación final por diferencias en longitud, de granos quebrados grandes y pequeños, mediante cilindros ó discos -- clasificadores.
- 3.- Mezclado de las diferentes fracciones en una banda ó tornillo transportador.

Los clasificadores se describen a continuación :

A) Plansifter.- Consta de una caja rectangular suspendida de una estructura y un mecanismo central excéntrico, arriba ó -- abajo de dicha caja que le imparte un movimiento de columpio giratorio; la cual posee una ó más cribas con perforaciones uniformes ó de doble lámina con perforaciones distintas. En ésta última separando además del quebrado pequeño, el grande del producto principal o arroz entero.

El grano alimentado por el extremo superior, se mueve lentamente a través de la criba inclinada en forma de espiral continua, debido a las fuerzas centrífugas resultantes -- de la velocidad periférica de la excéntrica. Ver fig. 17.

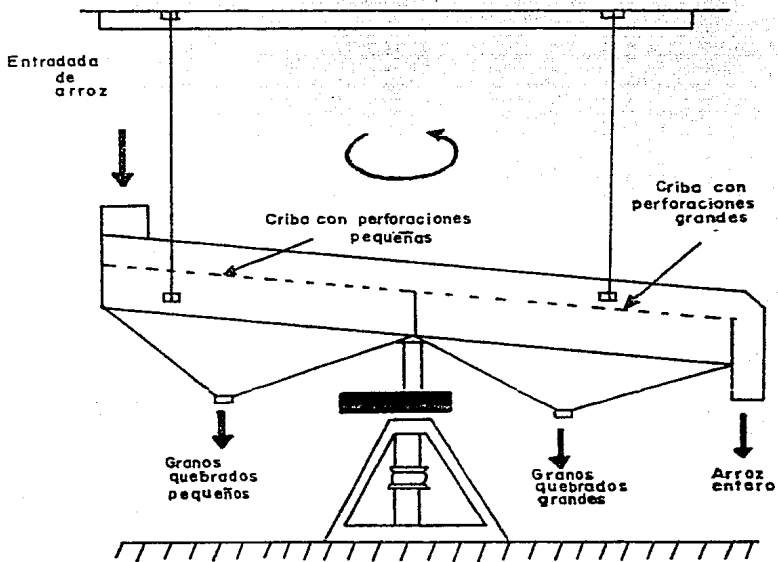


FIG. 17. Cribadora Giratoria o
Plansifter. (30)

7) Cilindros rotatorios.— Constán de un cilindro cuya superficie interior posee alvéolos cuyo tamaño está determinado por la separación a realizarse y por el tipo de grano a procesar. Los alvéolos pueden tener tres configuraciones distintas; de elipse, semi-esférica y de elipse con la concavidad en forma de bolsa; y su diámetro mide de 1 a 13 mm, aproximadamente. El arroz se alimenta por una tolva en el extremo superior del cilindro, formándose un lecho que se distribuye por un esparcidor a lo largo, en forma uniforme sobre la superficie alveolada.

Cuando el cilindro gira, el grano va ocupando los alvéolos; los granos enteros sobresalen por encima del borde del alvéolo, y caen porque la parte que sobresale es más pesada que la parte ocupada; mientras que los granos quebrados son levantados a una altura a la que caen por su propio peso, --siendo colectados en una bandeja montada sobre el eje, y en la que se encuentra un tornillo transportador que los descarga. La inclinación de la bandeja se regula mediante un volante; y la inclinación ligera del cilindro asegura la descarga libre del grano entero. Ver fig. 18.

Los cilindros se colocan en serie, uno sobre otro (en torre), de dos formas: de menor graduación ó a la inversa; descargando el cilindro superior en el inferior.

8) Separadores de discos.— Consisten de varios discos verticales rotatorios con impulsión común con motorreductos. Se montan bancadas de discos sobre un eje horizontal móvil, y cada disco presenta alvéolos en ambos lados de sus caras. El tipo de alvéolos para arroz blanco y moreno tienen el bor

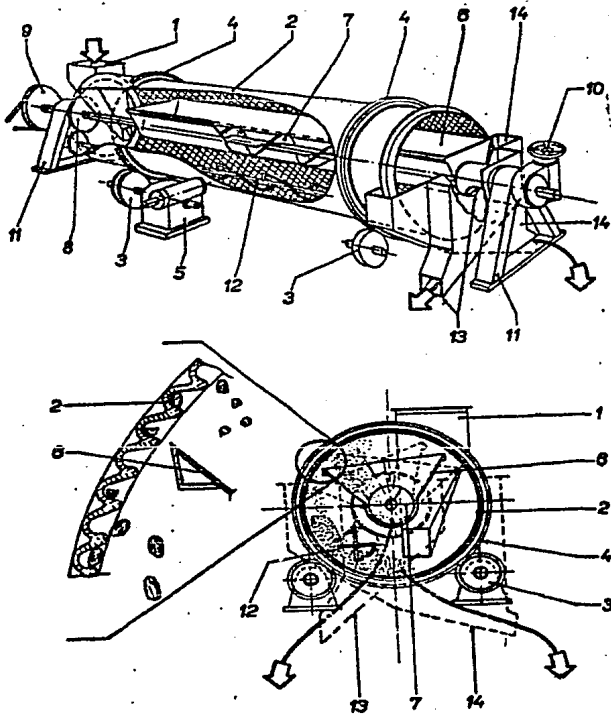


FIG. 18. Clasificador de Cilindro
Alveolado. (14)

FIG. 18. Clasificador de Cilindro
Alveolado

- (1) Tolva de alimentación
- (2) Cilindro alveolado
- (3) Rodillo de soporte del cilindro
- (4) Anillo exterior del cilindro
- (5) Unidad reductora de velocidad
- (6) Bandeja colectora
- (7) Transportador de gusano
- (8) Ruedas dentadas
- (9) Polea de impulsión del transportador de gusano y del esparcidor
- (10) Volante de ajuste de la inclinación de la bandeja
- (11) Estructura de la máquina
- (12) Esparcidor de grano
- (13) Salida del grano quebrado
- (14) Salida del grano (entero)

de de entrada cuadrado y el de salida redondo, midiendo desde 2.5 hasta 7 mm; en el palay son de borde cuadrado, desde 0.25 inc. en adelante.

Los discos levantan los granos pequeños del lecho de -- arroz del fondo de una artesa en forma de U, hasta que el giro del disco resulta en una posición invertida del alvéolo, - descargando así dichos granos en canales colectores. Los granos largos son desplazados hacia abajo por transportadores de mariposa y descargados. Ver fig. 19.

En una máquina se usan dos tamaños de alvéolos : de menor dimensión al principio de la misma y de mayor dimensión - en el extremo final; colocándose los cilindros en serie, unos sobre otros.

Los dos últimos separadores : B y C se utilizan, además de otros equipos, para clasificar al arroz palay y al arroz - moreno; separando granos pequeños, deformes, quebrados e inmaduros.

(ref. de la sección 3.3. : 1, 3, 5, 6, 13, 14, 15, 17, 22, 30, 31, 33, 35, 36, 44, 45, 46, 50, 53, 57, 60, 62).

4.- CALIDAD DEL ARROZ

4.1. Definición y Evaluación de la Calidad.

La calidad es : "el conjunto de atributos que identifican los lotes individuales del producto y determinan el grado de aceptación del mismo. La calidad global de un producto,

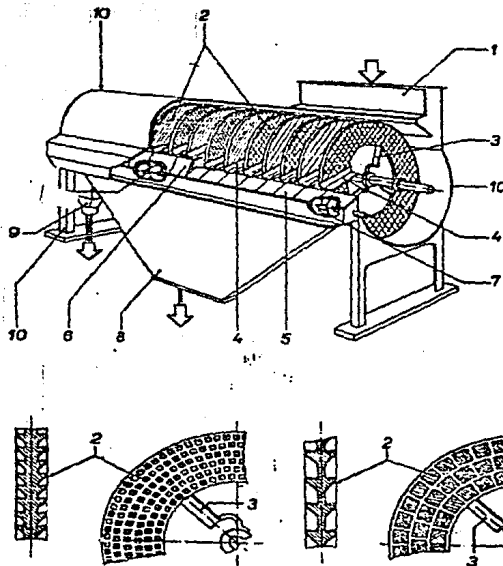


FIG. 19. Separador de Discos Alveolados.

(14)

FIG. 19. Separador de Discos Alveolados

- (1) Tolva de alimentación
- (2) Discos alveolados
- (3) Transportadores de mariposa del grano entero
- (4) Canal colector del grano quebrado
- (5) Portilla de retorno de grano quebrado (cerrada)
- (6) Portilla de retorno de grano quebrado (abierto)
- (7) Transportador de gusano para el retorno de grano quebrado
- (8) Tolva de descarga de grano quebrado
- (9) Descarga del grano
- (10) Estructura y alojamiento de la Lámina

para ser evaluado, debe ser analizada en base a sus atributos de calidad y cada uno de ellos debe ser medido independientemente, variando en número y significación" (9).

La clasificación consiste en la evaluación global y equilibrada de los atributos de calidad, mediante : (a) el muestreo estadístico de un alimento, lo cual constituye el control de calidad; y (b) la separación manual ó mecanizada, en categorías de calidad del total del alimento, basándose en métodos sensoriales, físicos, químicos y microbiológicos. El control de calidad supone un sistema que normaliza dentro de límites comerciales apropiados, máximos ó mínimos : la materia prima, el proceso y el producto, utilizando técnicas rápidas de ensayo, para ajustes del proceso, el cual incluye el control sanitario. (15, 49, 51, 52).

4.2. Atributos de Calidad del Arroz.

Existen varias clasificaciones que agrupan a los atributos de calidad del arroz. En el cuadro 3 se muestra una de dichas clasificaciones propuesta por S. Barber.

Las variedades de grano corto y redondeado y las de grano medio y ancho son más resistentes al rompimiento en la elaboración e incrementan la capacidad por hora de las descascaradoras y blanqueadoras, en relación a las de grano largo y delgado, las cuales desgastan más el recubrimiento de caucho de los rodillos.

En el arroz elaborado se dan varios tipos de calidad, como son : (a) de cocción; (b) de elaboración; (c) características adquiridas por el grano crudo ó cocido. El tamaño, for

C U A D R O 3
Atributos de Calidad del Arroz. (9)

I.- De Composición :

- 1.- Componentes físicos.
- 2.- Componentes químicos.

II.- Sensoriales :

- 1.- Aspecto.
- 2.- Olor
- 3.- Textura.
- 4.- Sabor.

III.- De Proceso :

- 1.- Molienda.
- 2.- Cocción.
- 3.- Arroces modificados.
- 4.- Productos de arroz.
- 5.- Conservación.

IV.- De Salud :

- 1.- Valor nutritivo.
- 2.- Nivel sanitario.

ma (relación largo/ancho) y peso de 1,000 granos (con 14% de humedad) son dados por diversos organismos. Aquí se muestran los de la FAO (1972), considerando que el 80% o más del grano entero elaborado posee el tamaño requerido :

- Tamaño : Aa. Extralargo : longitud de 7 mm o más.
 Ab. Largo : de 6.0 mm a 6.99 mm.
 Ac. Medio : de 5.0 mm a 5.99 mm.
 Ad. Corto : longitud inferior a 5.0 mm.
- Forma : Ae. Estrecho : si la relación es más de 3.
 Af. Ancho : si es de 2 a 3.
 Ag. Redondeado : si es menor de 2.
- Peso : Ah. Super pesado : si pesan más de 25 g.
 Ai. Pesado : si pesan más de 20 g a 25 g.
 Aj. Moderadamente Pesado : si pesan menos de 20 g.

En el arroz elaborado el atributo más importante es el rendimiento de elaboración que determina el precio del mismo. El rendimiento se expresa como total de arroz blanco ó de arroz entero, ambos en porcentaje en peso en relación al palay (limpio); considerando también la cantidad de salvado recuperado. El grano quebrado reduce además de la proporción de entero, el rendimiento total de arroz blanco, en virtud de que sus bordes ofrecen menos resistencia al blanqueo, aumentando así, la fracción de endospermo en el salvado.

El grado de elaboración o remoción de salvado influye en varios atributos del arroz blanco : (1) rendimiento total y de grano entero; (2) comportamiento en la cocción; (3) as-

pecto del grano crudo y del cocido; (4) contenido de nutrientes. A mayor grado de elaboración, mayor rompimiento del -- grano, y mayor proporción de amilosa, con un incremento co-- rrespondiente en la absorción de agua y por tanto en la elon- gación del grano.

(Ref. de la sección 4.2. : 1, 9, 10, 16, 21, 22, 33, 34, 35, 36, 42, 50, 54, 56, 57, 60, 62).

4.3. Norma Oficial Mexicana de Arroz Pulido (28).

Es dada por la Dirección General de Normas, la cual se apoya en la norma interior de calidad de CONASUPO y de documentos de la ANDSA (Almacenes Nacionales de Depósito, S.A.). La norma se muestra en el cuadro 4, y considera al término -- "pulido" como equivalente del término "elaborado", lo que es inexacto pero frecuente. A continuación se dan las especificaciones y la terminología de dicha norma.

4.3.1.- Especificaciones.

- a.1. El arroz pulido debe estar libre de plaga y de olor ob- jetable o a enranciamiento.
- a.2. El análisis se hará en 25 g de grano limpio y mezclado que permanece en una zaranda de 0.99 mm de diámetro después de separar impurezas.
- a.3. Se acepta hasta un 14% de humedad (b.s.) cualquier gra- do de arroz pulido.
- a.4. Se acepta hasta un 0.5% en peso en impurezas las que -- no podrán rebasar 0.3% de semilla y trompillo y/o cesbania.
- a.5. Se clasifica al grano en cuanto a su longitud en :

Especificaciones de Grados de Calidad para Arroz
Pulido, Beneficiado (a) y/o Empacado (b). (28).

Especificaciones	Grados de Calidad						
	México Extra (Super extra)		México 1 (extra)		México 2 (comercial)		México 3 (popular)
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	
Grano entero % (mínimo)	95	92	85	82	75	71	55
Grano quebrado % (máximo)	4	7	13	15	20	24	40
Granillo % (máximo)	1	1	2	3	5	5	5
Granos dañados % (máximo)		0.5		1.0		2.0	2.0
Granos palay % (máximo)		0.1		0.1		0.2	0.2
Granos mal pulidos % (máximo)		2.0		2.0		3.5	3.5
Granos manchados % (máximo)		1.0		2.0		3.0	3.0
Granos con cutícula roja % (máximo)		1.0		1.0		2.0	3.0
Granos estrellados % (máximo) (determina- dos a la sombra)		5.0		7.5		7.5	10.0
Granos vesosos % (máximo)		4.0		6.0		8.0	10.0

NOTA : los porcentajes mencionados son en base al peso.

- Corto : menor de 5.0 mm.
- Medio : 5.0 a 6.5 mm.
- Largo : mayor o igual a 6.0 mm.

Con una tolerancia máxima de 20% de granos de otra longitud.

a.6. El grado muestra no clasificado es el que excede las tolerancias establecidas para el grado México 3 popular. En caso de que el lote contenga excretas de roedores no debe destinarse al consumo humano.

4.3.2.- Terminología.

b.1. Arroz entero.- Aquel que no tiene rotura alguna así como el que conserva 3/4 partes del grano.

b.2. Arroz quebrado.- Aquel que es menor de 3/4 hasta 1/4 -- parte del grano.

b.3. Arroz granillo.- Todas las porciones cuyo tamaño es menor a 1/4 parte del grano.

b.4. Granos defectuosos :

- Granos de palay : los que no han sido descascarados;
- Mal pulidos : los que presentan restos de cutícula;
- Rojos : los que presentan una cutícula roja de cuando menos la longitud total del grano y las fracciones con cutícula roja de cualquier tamaño;
- Yesosos : granos enteros o quebrados con color blanco opaco de por lo menos 1/4 parte de su superficie total (excluyendo variedades con ésta característica genética);
- Estrellados : los que presentan fisuras.

- b.5. Impurezas.-- Toda materia distinta al arroz pulido y pa
lay.
- b.6. Granos dañados.-- Grano entero o quebrado, dañado por -
insectos, microorganismos o cualquier otra causa.
- b.7. Zaranda.-- Criba o cedazo para separar impurezas diver-
sas.

V. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

1.- DISEÑO EXPERIMENTAL.

1.1. Criterios Metodológicos y Estadísticos.

El primer criterio a considerar fué el número de molinos de la República Mexicana que era necesario estudiar. Tomando en cuenta las limitaciones de tiempo y recursos humanos se optó por trabajar en un molino que poseyera el sistema de blanqueo en una etapa y en 4 etapas; por lo que se seleccionó un molino industrial del estado de Veracruz que posee ambos sistemas, y que opera indistintamente con uno u otro.

El segundo criterio fué el de la variedad a procesar, decidiéndose que se trabajaría con las variedades que estuvieron disponibles en el período de experimentación, considerando que en el molino seleccionado se ajustan los equipos de acuerdo a la variedad, y que en el análisis estadístico no era importante estudiar el efecto del blanqueo en una variedad determinada, sino los rendimientos obtenidos en los sistemas referidos.

El tercer criterio fué el del muestreo estadístico. se decidió muestrear el arroz moreno y el arroz blanco, así como el palay (materia prima), simultáneamente, durante el procesamiento de cada lote de palay o réplica del experimento, en el molino industrial; tomándose submuestras durante -

el transcurso del mismo en intervalos cortos, en forma sistemática y aleatoria. La cantidad de muestras obtenidas de esta forma representa alrededor del 1% del total de palay procesado, la cual se considera representativa para un muestreo estadístico en un proceso de este tipo (48). Para eliminar la variable del muestreador, dos personas llevaron a cabo el muestreo. Considerando el tiempo de proceso se dividió éste en 3 períodos para obtener 3 muestras formadas por las submuestras referidas; esto es, para obtener un número suficiente de muestras independientes para el análisis estadístico. Y dichas muestras debido a su volumen y peso se redujeron mediante el método de homogeneización y cuarteo, para su análisis de laboratorio. El método referido, utilizado en materiales como granos de cereales, supone que la proporción de componentes en las muestras reducidas se conserva y por consiguiente, éstas muestras son representativas de las muestras originales de mayor peso y volumen (4, 52).

El cuarto criterio fue el del análisis estadístico, en el cual se llevó a cabo un análisis factorial en los datos obtenidos de quebrado total de arroz moreno y arroz blanco. Y en el caso de encontrar diferencias se utilizó el método de Tukey para la comparación individual de medias poblacionales de los sistemas de blanqueado y descascarado, en cada experimento o lote. Adicionalmente se intentó encontrar correlaciones entre el quebrado total de arroz blanco con el grado de elaboración y la temperatura del grano, en cada sistema de blanqueo.

1.2. Plan de Trabajo.

La experimentación industrial se llevó a cabo en la empresa "Arrocera del Trópico, S.A." que se ubica en la ciudad de Córdoba, Veracruz, en el período comprendido entre septiembre de 1984 y abril de 1985.

Las muestras obtenidas en los molinos industriales de dicha empresa se analizaron y procesaron en el Laboratorio de Tecnología de Cereales de la Sección de Alimentos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuatitlán/UNAM.

Entre la experimentación industrial y la de laboratorio medió un lapso de uno a tres días, en el cual estuvo comprendido el transporte y registro de las muestras. En éste lapso no se consideró que hubiera algún cambio significativo en la composición física y/o química de los granos de arroz, de acuerdo a la información técnica consultada y a la experiencia previa en el Laboratorio de Tecnología de Cereales.

En la fig. 20 se muestra el diagrama de bloques de la experimentación realizada.

2.- MATERIA PRIMA Y EQUIPO INDUSTRIAL.

2.1. Materia Prima : Arroz Palay.

Los lotes de palay (réplicas del experimento) provienen del almacén horizontal de la empresa mencionada; en el cual se encontraban almacenados, presentando una humedad promedio los 4 lotes de 13.25% (h.h.) con una desviación estándar de $s=0.075$ y una varianza promedio de $s^2=0.006$. Esta hu

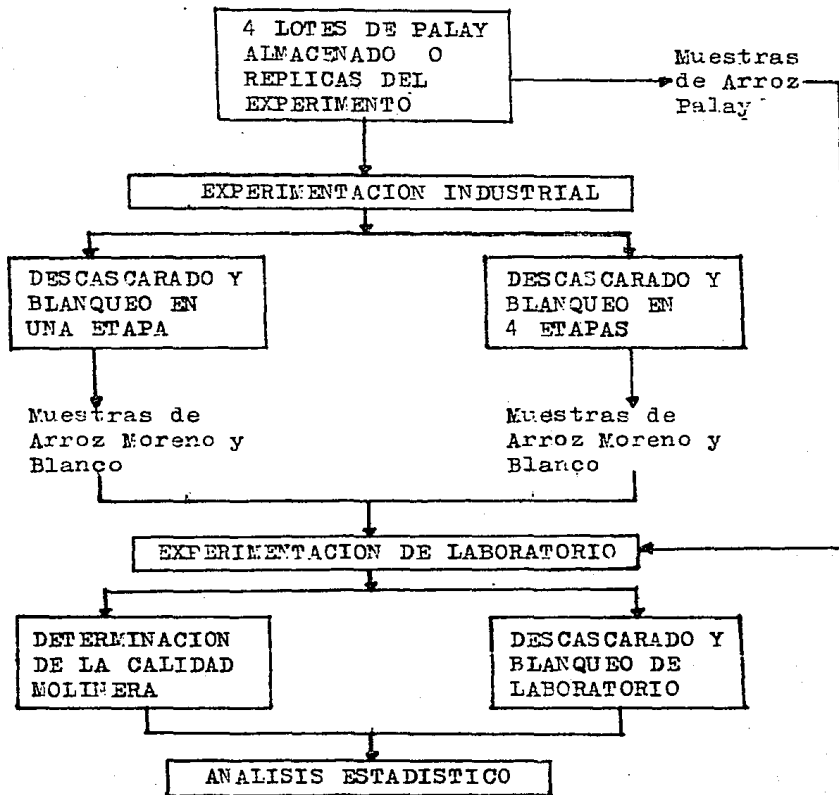


FIG. 20. Diagrama General de Experimentación.

Lasas promedio se encuentra dentro de los límites óptimos de 12% al 14% de humedad, recomendados para la elaboración del palay (17, 62). Previo al almacenamiento los 4 lotes pasaron por la operación de secado en secadores continuos dispuestos en serie.

De los 4 lotes utilizados en la experimentación, el primer lote correspondió a la variedad Sinaloa A-6S que es de grano largo y delgado, y los tres lotes restantes correspondieron a la variedad Milagro Filipino que es de grano largo y ancho y que posee una yesosidad o perla ventral, que es una característica genética de ésta variedad. Los 4 lotes correspondieron a la temporada de cosecha de 1984.

El aspecto general que presentaron las muestras de palay es el siguiente :

- Color : amarillo-paja y amarillo-café.
- Olor : normal a paja.
- Tamaño y forma : en cada variedad la longitud de los granos no fué homogénea aunque su forma sí.
- Presencia de : granos inmaduros (de color verdoso), granos varos, restos de tallos, palay descascarado : entero y quebrado.

Se hizo un análisis estadístico mediante el procedimiento de prueba de diferencias pareadas, para ver si existían diferencias entre cada uno de los componentes físicos del palay a la salida de la operación de limpieza en los dos molinos industriales utilizados.

No se encontraron diferencias significativas en los --

componentes físicos, utilizando un coeficiente de confianza - del 90% ($\alpha = 0.1$), a excepción del % de vanos e impurezas totales, siendo mayores éstos porcentajes en el molino tradicional y menores en el molino Neuco III. Esta diferencia no influye en los rendimientos molineros obtenidos por muestreo, - pues la presencia de vanos e impurezas no afecta al rompimiento del grano durante el descascarado y el blanqueo, pero sí - nos indica que la operación de limpieza fué más eficiente en el molino Neuco en los 4 lotes o réplicas del experimento. Esta diferencia se explica por el sistema de aspiración que - posee la máquina limpiadora del molino Neuco, como se muestra en el cuadro 9.

En el cuadro 5 se muestran los porcentajes promedios de los componentes físicos del palay, además de los valores máximos y mínimos; a excepción del % de palay limpio, el % de vanos e impurezas totales, que se muestran independientemente - para cada molino en los cuadros 6 y 7.

2.2. Diagramas de Flujo y Descripción del Equipo Industrial.

El molino tradicional resulta de una combinación de -- equipos originalmente diseñados en otros países y que se han reproducido en nuestro país. En la fig. 21 aparece el diagrama de flujo de éste molino, en el cual se observó que :

- La operación de limpieza difiere de las prácticas usuales - las que combinan el cribado con la aspiración, faltando ésta última en el molino.
- La operación de descascarado es el sistema japonés de rodi-

C U A D R O 5
Composición Física del Palay
en Ambos Molinos Industriales. (*).

COMPONENTE	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio \bar{x}
GRANOS INMADUROS	4.97	1.27	3.11
ARROZ MORENO QUEBRADO	1.08	0.32	0.67
ARROZ MORENO ENTERO	0.40	0.10	0.27
GRANOS GERMINADOS	0.26	0.02	0.14

(*). Porcentajes en base al peso de
100 g de muestra.

C U A D R O 6
% de Palay Limpio, Vanos e Impurezas
Totales en el Molino Tradicional. (*).

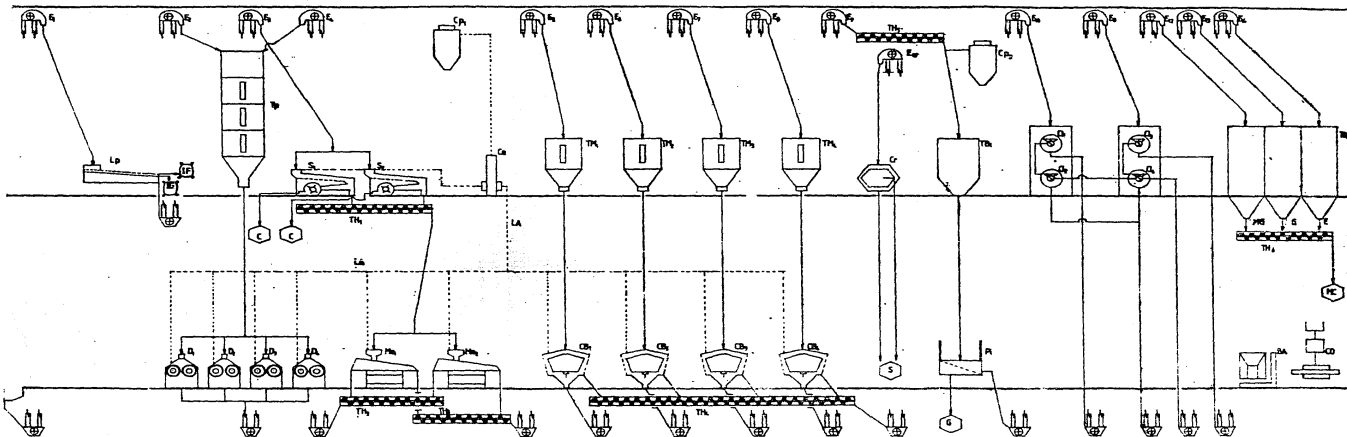
COMPONENTE	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio \bar{x}
PALAY LIMPIO	95.10	91.45	93.31
VANOS	3.16	1.07	1.79
IMPUREZAS TOTALES	0.82	0.28	0.47

C U A D R O 7
% de Palay Limpio, Vanos e Impurezas
Totales en el Molino Nuevo. (*).

COMPONENTE	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio \bar{x}
PALAY LIMPIO	97.84	94.32	95.39
VANOS	0.94	0.11	0.58
IMPUREZAS TOTALES	0.15	0.04	0.10

(*). Porcentajes en base al peso de 100 g de muestra.

Fig. 21 MOLINO TRADICIONAL



UN AM	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES QUADUITLAN
	TESIS PROFESIONAL
	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACION DE ARROZ EN 4 ETAPAS
	DIC / 87 ALEJANDRO PALOS BOTO EN ALIMENTOS

EXPLICACION DE LOS SIMBOLOS UTILIZADOS
EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL MOLINO
TRADICIONAL (FIG. 21).

Línea Principal de Flujo :

- E_1 : Elevador que recibe al palay de la fosa y la descarga en la zaranda de limpieza.
- Lp : Zaranda de Limpieza.
- E_2 : Elevador que recibe al palay limpio y lo descarga en la tolva de palay.
- Tp : Tolva de palay que alimenta a las descascaradoras.
- D_1 : Descascaradora de rodillos No. 1.
- D_2 : Descascaradora de rodillos No. 2.
- D_3 : Descascaradora de rodillos No. 3.
- D_4 : Descascaradora de rodillos No. 4.
- E_3 : Elevador central que recibe la mezcla de arroz descascarado y cascarilla y la descarga en las separadoras de cascarilla.
- S_1 : Separadora de cascarilla No. 1.
- S_2 : Separadora de cascarilla No. 2.
- TH_1 : Transportador que recibe la mezcla de arroz moreno y palay y lo descarga en las mesas separadoras de palay.

- ME₁ : Mesa separadora de palay No. 1.
- ME₂ : Mesa separadora de palay No. 2.
- TH₂ : Transportador que recibe al palay no descascarado y descarga en el elevador E₄.
- E₄ : Elevador que recibe al palay no descascarado y lo descarga en la tolva de palay.
- TH₃ : Transportador que recibe al arroz moreno y lo descarga en el elevador E₅.
- E₅ : Elevador que recibe al arroz moreno y lo descarga en la tolva TM₁.
- TM₁ : Tolva de arroz moreno que alimenta al primer cono.
- CB₁ : Cono blanqueador No. 1.
- E₆ : Elevador que recibe arroz semi-elaborado y lo descarga en la tolva TM₂.
- TM₂ : Tolva de arroz semi-elaborado que alimenta al segundo cono.
- CB₂ : Cono blanqueador No. 2.
- E₇ : Elevador que recibe arroz semi-elaborado y lo descarga en la tolva TM₃.
- TM₃ : Tolva de arroz semi-elaborado que alimenta al tercer cono.
- CB₃ : Cono blanqueador No. 3.
- E₈ : Elevador que recibe arroz semi-elaborado y lo des--

carga en la tolva TM_4 .

- TM_4 : Tolva de arroz semi-elaborado que alimenta al cuarto cono.
- CB_4 : Cono blanqueador No. 4.
- E_9 : Elevador que recibe arroz blanco y lo descarga en el transportador TH_5 .
- TH_5 : Transportador que recibe arroz blanco y lo descarga en la tolva TB_1 .
- TB_1 : Tolva de arroz blanco que alimenta a la cribadora.
- PI : Cribadora (plansifter) para separar granillo.
- E_{10} : Elevador que recibe arroz blanco y lo descarga en el cilindro Cl_1 .
- Cl_1 : Cilindro Clasificador No. 1 que separa el arroz blanco en dos corrientes : grano entero y quebrado grande, y grano quebrado mediano y pequeño.
- Cl_2 : Cilindro Clasificador No. 2 que rectifica la corriente de grano quebrado mediano y pequeño y la separa en medio grano y granillo.
- Cl_3 : Cilindro Clasificador No. 3 que rectifica la corriente de grano entero y quebrado grande y la separa en dos corrientes : la primera de grano entero y la segunda de grano quebrado grande.
- Cl_4 : Cilindro Clasificador No. 4 que rectifica la corriente de grano quebrado grande y la separa en medio grano y granillo.

- E₁₂ : Elevador que recibe el granillo de los cilindros -- clasificadores Cl₂ y Cl₄ y lo descarga en la tolva TB₂.
- E₁₃ : Elevador que recibe el medio grano de los cilindros clasificadores Cl₂ y Cl₄ y lo descarga en la tolva TB₂.
- E₁₄ : Elevador que recibe el grano entero y lo descarga - en la tolva TB₂.
- TB₂ : Tolva de arroz blanco entero, medio grano y grani-- llo.
- TH₆ : Transportador Mezclador de las fracciones para dar la mezcla comercial.
- Ba : Báscula de plataforma.
- Co : Cosedora de sacos.

Líneas de Flujo Secundarias :

- TH₄ : Transportador que recibe al salvado de los 4 conos y lo descarga en el elevador E₁₅.
- E₁₅ : Elevador que recibe al salvado del transportador y lo descarga en la criba de salvado.
- Cr : Criba cernidora de salvado.
- CE : Extractor centrífugo de polvo o harina de arroz.
- Cp₁ : Ciclón colector de polvo o harina de arroz.
- Cp₂ : Ciclón colector de polvo o harina de arroz.

Productos y Subproductos :

- G : Granillo.
- MG : Medio Grano.
- E : Grano Entero.
- MC : Mezcla Comercial de Arroz Blanco.
- S : Salvado.
- C : Cascarilla.

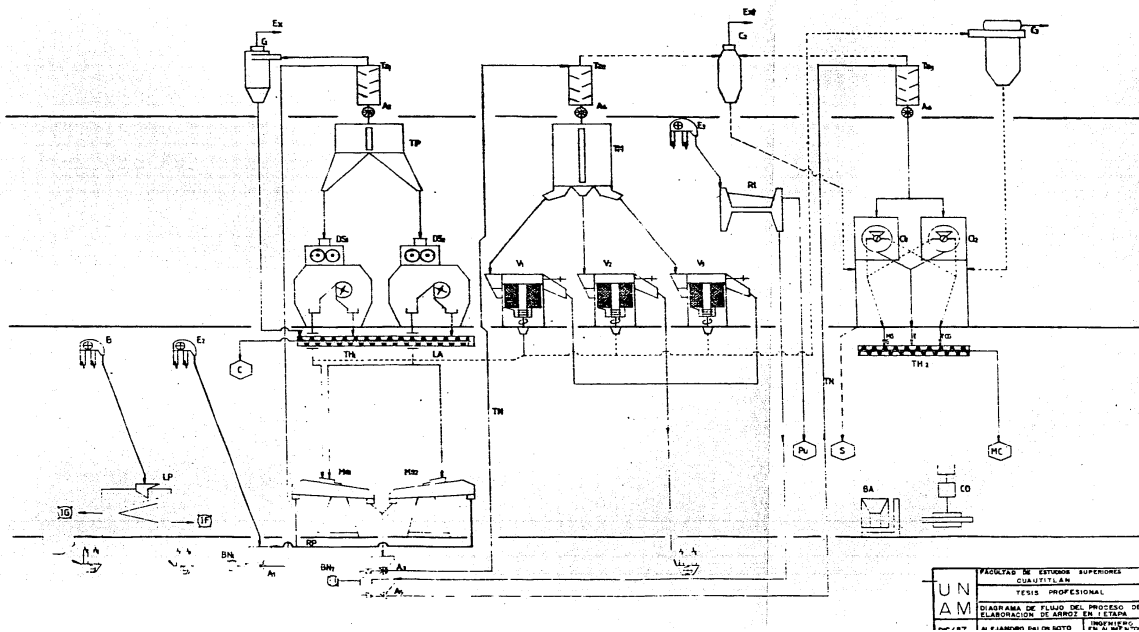
llos, pero a diferencia de los recomendado por la tecnología internacional, no posee una descascaradora destinada - exclusivamente a procesar palay de retorno, el cual para - su procesamiento requiere de un ajuste especial de acuerdo al espesor del grano.

- La separación de cascarilla se lleva a cabo en máquinas in dependientes de las descascaradoras, lo cual implica equipo de transporte mecánico entre el descascarado y la separación de cascarilla.
- La operación de separación de palay es como la descrita en la sección 3.3.4. de los antecedentes.
- La operación de blanqueo se basa en el principio de abrasión explicado en la sección 3.3.5. de los antecedentes, y se lleva a cabo por medio de 4 conos blanqueadores de tipo europeo como el referido en la sección 3.3.5.(A) de los an tecedentes y que se muestra en la fig. 15.
- La clasificación del arroz blanco es como la mencionada en la sección 3.3.7.(A) y 3.3.7.(B).

El molino Neuco II introduce máquinas similares a las de diseño original japonés que se fabrican en nuestro país. Está instalado en 3 niveles en una área compacta y utiliza - sistema neumático para el transporte de granos, el cual predomina en países desarrollados. En la fig. 22 aparece el -- diagrama de flujo de éste molino, en el cual se observó -- que :

- La operación de limpieza consta de cribado y aspiración co

Fig 22 "NEUCO II" TIPO COMPACTO



UN AM	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES QUAVITILIAN
	TEXIS PROFESIONAL
	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACION DE ARROZ EN ETAPA
	INVENTOR: [Illegible] ELABORADO POR: [Illegible]

ESTA TEXIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

EXPLICACION DE LOS SIMBOLOS UTILIZADOS
EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DEL MOLINO
NEUCO II (FIG. 22).

Línea Principal de Flujo :

- E_1 : Elevador que recibe al palay de la fosa y lo descarga en la máquina de limpieza.
- Lp : Máquina Devanadora, Zaranda y Despedradora, de Limpieza.
- E_2 : Elevador que recibe al palay limpio y lo descarga - en la tolva de alimentación del transporte neumático TN.
- TN : Transporte neumático.
- BN_1 : Bomba neumática No. 1.
- A_1 : Válvula de alimentación No. 1.
- Ta_1 : Tarara No. 1 que recibe al palay y lo descarga por medio de la válvula A_2 a la tolva Tp .
- A_2 : Válvula de alimentación No. 2.
- Tp : Tolva de Palay que alimenta a las descascaradoras.
- DS_1 : Descascaradora y Separadora de cascarilla No. 1 que descarga por gravedad al arroz moreno y palay no - descascarado en la mesa ME_1 .
- DS_2 : Descascaradora y Separadora de cascarilla No. 2 que

descarga por gravedad al arroz moreno y palay no -
descascarado en la mesa ME₁ y en la mesa ME₂.

ME₁ : Mesa Separadora de Palay No. 1 que descarga al pa--
lay de retorno en la línea RP y al arroz moreno en
la tolva de alimentación del transporte neumático -
TN.

ME₂ : Mesa Separadora de Palay No. 2 que descarga al pa--
lay de retorno en la línea RP y al arroz moreno en
la tolva de alimentación del transporte neumático -
TN.

RP : Línea de Retorno de Palay que lo descarga en la pri
mera tolva de alimentación del transporte neumático
TN.

BN₂ : Bomba neumática No. 2.

A₃ : Válvula de alimentación No. 3.

Ta₂ : Tarara No. 2 que recibe al arroz moreno y lo descar
ga por medio de la válvula A₄ a la tolva TM.

A₄ : Válvula de alimentación No. 4.

TM : Tolva de arroz moreno que alimenta a las blanqueado
ras : V₁ , V₂ y V₃.

V₁ : Blanqueadora de Cilindro "Vertijet" No. 1.

V₂ : Blanqueadora de Cilindro "Vertijet" No. 2.

V₃ : Blanqueadora de Cilindro "Vertijet" No. 3.

- E₃ : Elevador que recibe al arroz blanco de las blanqueadoras y lo descarga en la cribadora R1.
- R1 : Cribadora Vibratoria para separar puntilla que descarga al arroz blanco en la tolva de alimentación - del transportador neumático TN.
- A₅ : Válvula de alimentación No. 5.
- Ta₃ : Tarara No. 3 que recibe al arroz blanco y lo descarga por medio de la válvula A₆ a los cilindros Cl₁ y Cl₂.
- Cl₁ : Cilindro clasificador No. 1 que separa el arroz -- blanco en 3 corrientes : grano entero, tres cuartos de grano y medio grano (y granillo), y las descarga en la tolva TBS.
- Cl₂ : Cilindro clasificador No. 2 que separa el arroz -- blanco en 3 corrientes : grano entero, tres cuartos de grano y medio grano (y granillo), y las descarga en la tolva TBS.
- TBS : Tolva de arroz blanco y salvado.
- TH₂ : Transportador Mezclador de las fracciones para dar la mezcla comercial.
- Ba : Báscula de plataforma.
- Co : Cosedora de sacos.

Líneas de Flujo Secundarias :

- C₁ : Ciclón aspirador de impurezas que las descarga en -

el transportador TH₁.

- LA : Línea de Aspiración de salvado.
- C₂ : Ciclón decantador de salvado proveniente de las tararas : Ta₂ y Ta₃ , y que lo descarga en la tolva - TBS.
- C₃ : Ciclón aspirador y decantador de salvado proveniente de las blanqueadoras : V₁, V₂ y V₃, y que lo descarga en la tolva TBS.

Productos y Subproductos :

- MG : Medio Grano.
- G : Granillo.
- E : Grano Entero.
- TGG : Tres Cuartos de grano.
- MC : Mezcla Comercial.
- S : Salvado.
- C : Cascarilla.

- no se describe en la sección 3.3.1.(A) de los antecedentes.
- La operación de descascarado y la operación de separación de cascarilla están integradas en una sola máquina de rodillos de tipo japonés.
 - La operación de separación de palay no descascarado es como la descrita en la sección 3.3.4.(A) de los antecedentes.
 - La operación de blanqueo se lleva a cabo en una etapa mediante el principio de fricción de grano contra grano, explicado en la sección 3.3.5.(2-c) de los antecedentes, por medio de blanqueadoras similares a las japonesas, pero sin sistema de enfriamiento con aire, que se encuentra en las blanqueadoras Satake. El salvado es aspirado por un ventilador montado sobre el ciclón C₃ mostrado en el diagrama de flujo.
 - La operación de clasificación es como la mencionada en la sección 3.3.7. de los antecedentes.

En el cuadro 8 se da una descripción del equipo utilizado en las operaciones fundamentales del proceso de elaboración del arroz en relación a la calidad molinera y a los costos de procesamiento y que son : el descascarado y el blanqueo.

Como se observa en el cuadro referido, hay un desfase en la capacidad de las descascaradoras en el molino tradicional, ya que una de ellas tiene una capacidad de 66% más alta que el resto de las descascaradoras. Asimismo el cuarto y último cono es más pequeño que los otros tres, y por tanto de menor capacidad.

C U A D R O 8
 Descripción del Equipo de las
 Operaciones Básicas. (*).

OPERACION	SISTEMA EN UNA ETAPA Molino NEUCO III Tipo compacto	SISTEMA EN 4 ETAPAS Molino Tradicional
DESCASCA- RADO	<p>2 Descascaradoras de rodillos "CIRCOMBI" con separador de cascarilla de circuito cerrado.</p> <p><u>Modelo</u> CBS-2525</p> <p><u>Marca</u> MORROS</p> <p><u>Capacidad</u> : 2 a 3 - ton. por hr. de palay.</p> <p><u>Motor</u> ASEA : 10 Hp.</p> <p><u>Rodillos</u> : 25 cm de cara por 25 cm de diámetro y 920 rpm (rodillo rápido)</p>	<p>4 Descascaradoras de rodillos "OPTIMA".</p> <p><u>Modelo</u> DH-2530</p> <p><u>Marca</u> MORROS</p> <p><u>Capacidad</u> : una de 3 y 3 de 2 ton. por hr de palay.</p> <p><u>Motor</u> SIEMENS : 5 Hp</p> <p><u>Rodillos</u> : 19 cm de diámetro por 30 cm de largo y 715 rpm (rodillo rápido).</p>

NOTA : La capacidad y la potencia del motor son dadas para cada máquina individual.

C U A D R O 8
 Descripción del Equipo de las
 Operaciones Básicas. Continuación.

OPERACION	SISTEMA EN UNA ETAPA Molino NEUCO II Tipo compacto	SISTEMA EN 4 ETAPAS Molino Tradicional
BLANQUEO	<p>3 Blanqueadoras Pulidoras "Vertijet" en paralelo, de rotor helicoidal elevador del grano con cuchillas de acero regulables y criba cilíndrica vertical para separación de harina (salvado)</p> <p><u>Modelo</u> VJ-30</p> <p><u>Marca</u> REMO</p> <p><u>Capacidad</u> : 1 ton. - por hr. de arroz - blanco.</p> <p><u>Motor</u> ASEA : 25 Hp.</p>	<p>4 Blanqueadoras de conos abrasivos en serie :</p> <p>No. 1, 2 y 3 :</p> <p><u>Marca</u> C.M.A.</p> <p><u>Modelo</u> 90</p> <p><u>Motor</u> I.E.M. : 20 Hp.</p> <p><u>Diámetro mayor</u> : 90 cm.</p> <p>No. 4 :</p> <p><u>Marca</u> KAMPNAGEL</p> <p><u>Motor</u> I.E.M. : 30 Hp.</p> <p><u>Diámetro mayor</u> : 80 cm.</p> <p>Capacidad aproximada de los 4 conos : 4.5 ton./hr de palay</p>

CUADRO 8

(*) Cuadro elaborado en base a consultas al personal técnico y a folletos No. : 010, 029, 060 y 065 de Máquinaria MORROS, de Refaccionaria de Molinos, S.A.

El desfaseamiento entre la capacidad de un equipo y otro, no constituye un problema en la operación del molino -- porque las tolvas absorben las diferencias, pero sí dificulta la evaluación de la eficiencia de cada máquina, sobre todo si varias máquinas son alimentadas por una sola tolva; y considerando además que no existen básculas de paso entre el descascarado y el blanqueo, lo que impide conocer la cantidad de arroz descascarado o moreno que entra en las blanqueadoras en ambos sistemas de blanqueo.

En el molino Newco no se da desfaseamiento entre capacidades en los equipos de descascarado y blanqueo, pero la combinación de transporte neumático con transporte mecánico no es la usual en los molinos de países desarrollados, aunque -- está justificada por la práctica en dicho molino.

En el molino tradicional los equipos de descascarado y blanqueo alcanzan en su mayoría una antigüedad de 20 años, -- mientras que en el molino Newco son de fabricación reciente.

En el cuadro 5 se da una breve descripción del equipo utilizado en las operaciones, que si bien secundarias no son menos importantes ya que influyen en el desempeño de las operaciones de descascarado y blanqueo.

3.- MATERIALES Y EQUIPO DE LABORATORIO.

- Muestras de : arroz palay, arroz moreno, arroz blanco y salvado; procedentes de los molinos industriales.

C U A D R O 9
 Descripción del Equipo de las
 Operaciones Secundarias. (*).

OPERACION	SISTEMA EN UNA ETAPA Molino NEUCO II Tipo compacto	SISTEMA EN 4 ETAPAS Molino Tradicional
LIMPIEZA	Máquina Devanadora, Zaranda y Despedradora con 3 camas cribas de Lámina metálica - perforada y ventilador integral.	Zaranda con doble - criba de lámina de acero, reforzada y perforada.
SEPARACION DE CASCARILLA	Integrada a las Descascaradoras	Separadora de cascarilla y combinación de criba vibradora y aventadora (neumática).
SEPARACION DE PALAY	2 Mesas Separadoras - de palay de 3 niveles y 45 carriles de laminilla metálica	2 Mesas Separadoras de palay de 4 niveles y 60 carriles - de laminilla metálica.

(*). Cuadro elaborado en base a consultas al personal técnico.

C U A D R O 9
 Descripción del Equipo de las
 Operaciones Secundarias. Continuación.

OPERACION	SISTEMA EN UNA ETAPA Molino NEUCO III Tipo compacto	SISTEMA EN 4 ETAPAS Molino Tradicional
CLASIFICA- CION	Cribadora Vibratoria para separación de - puntilla. 2 Cilindros Clasifi- cadores de lámina me tállica alveolada.	Zaranda Oscilatoria de dos pasos con - cribas intermedias. 4 Cilindros Clasifi cadores de lámina - metálica alveolada.
TRANSPORTE	- Neumático que consta de : bombas volumétricas de aire de émbolos rotativos, - tararas y retentores de aire o válvulas - alimentadoras. - Mecánico que consta de : elevadores - de cangilones y --- transportadores de - tornillo o helicoida les.	Mecánico que consta de : elevadores de cangilones y transportadores de torni llo o helicoidales.

- Tablero de inspección y separación manual, que consta de un marco de madera y vidrio con fondo de terciopelo azul para contrastar el grano y un espejo central para detectar granos partidos longitudinalmente.
- Molino de Cono Atrásivo, mod. G. 150/R de laboratorio con circulación neumática de arroz : MACHINE PER RISERIE-BSSICATOI, año 1982, COLOMBINI & C.s.n.c., Milano, Italia. Motor de 1.05 Hp.
- Descascaradora de laboratorio : McGill SHELLER, F.T. McGill, Inc., Houston Texas, U.S.A. Motor de 1/3 Hp y 1,725 rpm.
- Aspirador de palay para separar impurezas : LABORATORY ASPIRATOR, BATES, 797-086-709. F.T. McGill. Motor de 0.25 Hp y 5,000 rpm.
- Clasificador de Cilindro con alvéolos de 5 mm, para la separación preliminar del grano entero del grano quebrado. Sin marca.
- Clasificador de Cilindro con alvéolos de 2.5 mm, para la separación preliminar de fracciones de grano quebrado. Marca REGISTERED GRANTEX H.77.
- Balanza electrónica automática : METTLER PE-300, de Mettler Instruments AG, Suiza.
- Determinador automático de la humedad del palay : DIGITAL MOISTURE COMPUTER 700, FURROWS. Con botones para seleccionar grano largo, medio y corto.

- Criba metálica para separar puntilla con perforaciones de 1.4 mm de diámetro.
- Cámara metálica de fumigación de 1.6 m de largo por 0.6 m de ancho y 0.75 m de alto, con patas de 20 cm de alto; con ductos para desalojo de fumigante.
- Estereomicroscopio : OLYMPUS VT-III, Tokyo, Japón. Para observar al salvado.
- Tabletad alveoladas para el corteo de granos con capacidad de 100 granos cada tableta.
- Termómetro de mercurio de laboratorio para determinar la temperatura del grano de arroz a la entrada y a la salida de las blanqueadoras.
- Recipiente metálico para la homogeneización de las muestras. Con tapa.
- Tarjetas para la identificación de las muestras.

4.- MÉTODOS.

4.1. Experimentación Industrial.

4.1.1. Procesamiento de la materia prima.

Se procesaron 4 lotes de arroz palay en los molinos industriales correspondientes al blanqueo en una etapa y en 4 etapas : en el molino Neuco II y en el molino tradicional, respectivamente. Los pesos de los lotes procesados se muestran en el cuadro 10.

C U A D R O 10
 Lotes de Palay Procesados en el Blanqueo
 en una y en 4 Etapas. Peso en Kilogramos (kg).

LOTE	SISTEMA EN UNA ETAPA	SISTEMA EN 4 ETAPAS
1	8,253	8,267
2	6,389	6,283
3	5,597	5,289
4	6,075	7,251

NOTA : Pesos de palay obtenidos restando el peso de la tara y el peso de las muestras tomadas del mismo palay.

Se pesaron :

- Cada sublote de palay correspondiente a ambos sistemas de blanqueo, previo al inicio del proceso.
- Cada producto de arroz blanco de ambos sistemas de blanqueo al final del proceso.
- El salvado industrial de ambos sistemas de blanqueo, al final del proceso.

Con los pesos anteriores se determinaron los rendimientos globales de arroz blanco total y de salvado en los 4 lotes, en ambos sistemas de blanqueo.

El peso del palay se determinó en la báscula de plataforma de recepción del molino, marca REVUELTA.

Los productos del blanqueo y el salvado se pesaron en básculas de plataforma marca TORINO y marca REVUELTA.

4.1.2. Evaluación de la operación de blanqueo.

4.1.2.1.- Temperatura del grano.- Se midió y anotó la temperatura de la masa del grano en la alimentación y descarga de las blanqueadoras en ambos sistemas de blanqueo, durante los períodos de muestreo del arroz moreno y del arroz blanco. El criterio estadístico es el mismo que para el muestreo del arroz (sección 4.1.3.1.), aunque es de suponerse que la temperatura se mantenga estable durante el proceso, y resulte innecesario tomar mediciones de la temperatura en intervalos cortos de tiempo. Es de esperarse que la temperatura media de la masa del grano de arroz blanco, sea mayor en el sistema de blanqueo en una etapa, que en el sistema de blanqueo en 4 etapas (62); pero se desconoce la mag

nitud de la diferencia de temperaturas entre uno y otro sistema; y no es posible fijar a priori niveles de variación de la temperatura en ambos sistemas de blanqueo.

4.1.2.2.- Grado de elaboración o blanqueo.- Es la cantidad de salvado removido de los granos de arroz moreno y se evaluó empíricamente mediante la inspección visual del grano elaborado. Se procuró controlar el grado de elaboración en los dos sistemas, indicando al maestro molinero, cual era el grado deseado en cuanto al color de los granos, para que ajustara a las blanqueadoras. (10).

4.1.2.3.- Observaciones al proceso.- Se registró el tiempo total del proceso y las interrupciones del flujo del grano, así como paros y arranques y ajustes de las máquinas.

4.1.3. Tcma de muestras en los molinos.

Se llevó a cabo en cada lote o replica del experimento en el sistema de blanqueo en una etapa y en el sistema de blanqueo en 4 etapas, en forma manual. Cada una de las 3 muestras obtenidas a lo largo del proceso individual de cada lote y sistema, se formaron mediante 20 porciones tomadas al azar entre cada intervalo de muestreo de 2 a 3 minutos.

Estas muestras primarias se sometieron a un cuarteo para reducir su tamaño (no su número) para su transporte y análisis en el laboratorio; siendo éstas muestras reducidas estadísticamente representativas de todo el lote y de todo el proceso.

La cantidad obtenida por cada muestra resulta variable por el proceso mismo y la cantidad total de arroz palay procesado. El número de muestras se puede calcular de la siguiente forma :

$$\text{Número Total de muestras} = (\text{No. de sistemas de blanqueo}) \times (\text{No. de muestras por sistema}) \times (\text{No. de productos muestreados}) \times (\text{No. de blanqueadoras consideradas}) \times (\text{No. de lotes}).$$

Los productos muestreados en las diferentes etapas de la elaboración fueron :

- Arroz Palay.- Se muestreo manualmente y al azar el palay "limpio" en la descarga de las máquinas de limpieza, tomando las porciones de la forma mencionada con anterioridad. El muestreo se inició en los primeros minutos en que comen zaron a operar las máquinas limpiadoras, y finalizó hasta que cesó el flujo de palay "limpio" de dichas máquinas. El tiempo total de muestreo depende del tiempo total de -- operación de las limpiadoras, el cual es de 1 hora y 10 minutos aproximadamente. Dicho tiempo se dividió en 3 períodos iguales para reunir las submuestras colectadas en el transcurso de la operación y formar las 3 muestras de palay alimentado al descascarado. Así cada muestra obtenida estuvo formada por 9 submuestras, o sea 27 submuestras obtenidas en total durante el transcurso del muestreo en el procesamiento de cada lote o réplica del experimento.
- Arroz Moreno.- Se muestreo manualmente el grano descascarado limpio y separado del palay. En el sistema en 4 etapas

las porciones se tomaron de la pila central que se forma al caer el grano en la tolva de alimentación por gravedad del primer cono blanqueador. En el sistema en una etapa, las porciones se tomaron de las tolvas laterales de alimentación de las dos blanqueadoras que estuvieron en operación; por lo que el número de muestras en éste sistema se duplicó.

El muestreo se inició 25 minutos después (en el molino Neuco a los 15 minutos) de que empezaron a funcionar las máquinas descascaradoras y finalizó hasta que dejó de caer arroz moreno en las tolvas de alimentación de las blanqueadoras. En el molino tradicional el tiempo total de muestreo fué de 2 horas, y al igual que en el palay se dividió en 3 períodos iguales para reunir las submuestras colectadas en el transcurso del muestreo y formar las 3 muestras de arroz moreno alimentado al blanqueo por cada lote o réplica del experimento. Así cada muestra estuvo formada por 16 submuestras, o sea 40 submuestras obtenidas en total durante el transcurso del muestreo en el procesamiento de cada lote o réplica del experimento. En el molino Neuco el tiempo total de muestreo fué de 1 hora y 30 minutos, por lo que cada muestra estuvo formada por 12 submuestras, o sea 36 submuestras obtenidas en total durante el transcurso del muestreo en el procesamiento de cada lote o réplica del experimento.

- Arroz Blanco.- Se muestreó manualmente el arroz elaborado, antes de su clasificación. En el sistema en 4 etapas se tomaron las porciones del ducto de descarga del cuarto y último cono blanqueador, ya que se consideró el sistema en

forma global. En el sistema en una etapa se tomaron las porciones de las tolvas laterales de salida de las blanqueadoras que estuvieron en operación, duplicándose el número de muestras al igual que en el arroz moreno.

En el molino tradicional el muestreo se inició 1 hora después de que comenzó a operar el primer cono blanqueador y finalizó hasta que paró el último cono. El tiempo total de muestreo en éste molino fué de 1 hora y 40 minutos, por lo que cada muestra estuvo formada por 13 submuestras, o sea 39 submuestras obtenidas en total durante el transcurso del muestreo en el procesamiento de cada lote o réplica del experimento. En el molino Neuco el muestreo fué paralelo y casi simultáneamente (por segundos de diferencia) al muestreo de arroz moreno, por lo que el tiempo total de muestreo es el mismo, obteniéndose por consiguiente el mismo número de submuestras por cada muestra.

- Salvado.- Se tomaron manualmente las porciones. En el sistema en 4 etapas se tomaron en el ducto que va a dar a la criba de tamizado y en el sistema en una etapa en el ducto que descarga en la tolva de blanco y de salvado.

El tiempo total de muestreo fué aproximadamente el mismo que para el del arroz blanco; iniciándose el muestreo 10 minutos después del inicio del muestreo de arroz blanco, en ambos sistemas de blanqueo, y finalizando un par de minutos después de la terminación del muestreo del arroz blanco.

4.1.4. Muestras para el laboratorio.

Se redujo el tamaño de las muestras primarias -- de los molinos industriales para obtener las muestras secundarias para el laboratorio. Cada una de las muestras primarias se homogeneizaron y se sometieron a un cuarteo que consiste en (4,18,52) : entremezclar y extender el grano con -- las manos y formar un cuadrado o rectángulo que se divide en cuatro partes iguales, juntando dos porciones opuestas y des cartando las otras dos; homogeneizando y cuarteando, sucesivamente hasta obtener muestras secundarias del tamaño adecua do para su manejo, transporte y análisis. Este último es el factor más importante para determinar el tamaño de cada mues tra y que fué de 1.5 a 2.0 kg. (18).

Posteriormente se pasaron las muestras a bolsas de plástico, colocando una tarjeta de identificación en cada bolsa de muestra. El conjunto de muestras se metieron en va rios sacos que se cosieron y se enviaron por transporte te rrestre al laboratorio.

4.1.5. Identificación de las muestras.

Se hizo por medio de tarjetas blancas con claves que se elaboraron con anterioridad. Las tarjetas se colocaron primero en los sacos de muestreo de las muestras del molino y se pasaron junto con las muestras reducidas a las bol sas correspondientes.

Las tarjetas poseen la siguiente información :

<u>CLAVE</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
PROVECO	Proyecto Vertijet-Conos
1, 11, 111, 1V	Número del lote o réplica del experimento.
"V"	Muestra del sistema Vertijet o blanqueo en un paso o etapa.
"C"	Muestra del sistema de Conos o en 4 pasos o etapas.
1, 2, 3	Número de la muestra correspondiente a un período del proceso : inicial, intermedio y final, respectivamente.

4.2. Experimentación de laboratorio.

4.2.1. Registro de las muestras en el laboratorio.

Su propósito es tener un control de las muestras almacenadas y analizadas. Se anotó en una libreta los siguientes datos tabulados en columnas :

Clave de la muestra	Fecha de recepción	Fecha de fumigación
---------------------	--------------------	---------------------

4.2.2. Fumigación de las muestras.

Su objeto es evitar el daño de las muestras durante su almacenamiento previo al análisis, por insectos vivos presentes en sus fases de : huevo, larva, pupa e imago o adulto, mediante la utilización de un fumigante que no forma

residuo permanente alguno en el producto tratado y que desaparece al airear éste último (37).

Se llevó a cabo en la cámara de fumigación en la que se colocaron las muestras y entre ellas un par de cajas de petri conteniendo cada una, una tableta del fumigante "sólido" compuesto por fosfuro de aluminio finamente dividido, comprimido junto con carbamato de sodio y cera de parafina, y que se conoce comercialmente con el nombre de PHOSTOXIN. La cámara se cerró herméticamente y después de dos días se ventiló al igual que el laboratorio.

4.2.3. Preparación de las muestras para su análisis.

Cada muestra se homogeneizó en un bote o recipiente, se hizo un cuarteo y se subdividió en 3 submuestras : A, B y C, de 100 gramos cada una, para obtener por triplicado el resultado de cada muestra.

La homogeneización y cuarteo se realizaron de la siguiente manera :

- Homogeneización.- Se agita el recipiente de una manera suave, invirtiéndolo continuamente y haciéndolo girar con la muñeca de la mano, durante 2 a 3 minutos.
- Cuarteo.- Se coloca la muestra de laboratorio sobre el tablero de inspección y se entremezcla el grano, dividiéndose en 4 porciones o cuadros : las dos porciones de dos extremos se juntan y se mezclan y las otras dos se rechazan y se guardan nuevamente, hasta obtener aproximadamente los 100 gramos.

Después del cuarteo, las 3 submuestras contenidas en platos cerealeros, se pesan hasta completar los 100 granos cada una, en la balanza granataria (automática) de precisión.

4.2.4. Análisis de las muestras :

A) ARROZ PALAY :

A.1. Aspecto general.- Antes de su fumigación y preparación para el análisis se observó a las muestras registradas, en el tablero de inspección, anotándose sus características como : color, olor, homogeneidad o heterogeneidad, tamaño y forma de los granos; así como presencia de insectos vivos y muertos, mohos; abundancia o escasez de impurezas gruesas, de piedras, etc. En el caso de presencia de insectos se trató de identificar a la especie a la que corresponden. (4).

A.2. Determinación de humedad.- Se determinó la humedad del grano 3 veces consecutivas cada muestra en la determinadora automática de la humedad del palay, presionando previamente el botón que indica "grano largo" (long grain).

A.3. Composición física.- Se alimentó por la parte superior del aspirador de palay cada submuestra de 100 granos, cayendo hacia abajo el grano maduro y lleno (así como impurezas pesadas), y separándose por otro lado (en el ciclón) los componentes de menor densidad como impurezas ligeras, granos vanos e inmaduros, que son arrastrados por la corriente de aire producida por el ventilador de aspiración de jaula de ardilla. La rectificación de los componentes separados es necesaria ya que el aire suele arrastrar también granos sanos.

Se analizó visualmente cada submuestra : A, B y C, en el tablero de inspección, separando manualmente las -- fracciones de : arroz palay sano, granos inmaduros, arroz moreno entero, arroz moreno quebrado, arroz germinado, granos vanos, e impurezas totales (paja, tierra, piedras y semillas extrañas). Las fracciones separadas se pesaron en la balanza granataria de precisión.

A.4. Determinación del peso de 1,000 granos.- Se hizo el conteo de 1,000 granos sanos, al azar, excluyendo granos verdes e inmaduros y deformes, de cada submuestra : A, B y C, - para calcular por diferencia con el peso de 1,000 granos de arroz moreno, la proporción de cascarilla. El conteo se hizo esparciendo los granos en las tabletas alveoladas de cien en cien, y que luego se vaciaron en cajas de petri.

Debido a la abundancia de granos de distintos tamaños no se hizo ninguna selección por longitud, de tal manera que los granos contados fueron estadísticamente representativos del palay procesado; aplicándose éste mismo criterio para el conteo de arroz moreno y arroz blanco.

B) ARROZ MORENO :

B.1. Aspecto general.- Antes de su fumigación y preparación para el análisis, se observó en el tablero de inspección, el aspecto general de las muestras, el cual comprende : presencia de granos rojos, granos verdes; arroz palay; granos quebrados, manchados, picados, negros, dañados, inmaduros; y restos de cascarillas.

B.2. Composición física.- Cada submuestra : A, B y C, se

se coloca sobre una criba para separar puntilla e impurezas que la atraviesan; sacudiendo la criba 6 veces (golpes) de un lado hacia otro en dirección de su longitud. La puntilla se cuantifica, ya que atraviesan la criba : granos deformes, granos enteros pequeños y delgados, así como medio grano y granillo pequeños.

Cada submuestra se pasó por dos cilindros operados manualmente y que cada uno posee un tamaño de alvéolos diferente, para la clasificación preliminar : el primer cilindro levanta el grano quebrado al girar en sentido de las manecillas del reloj, a 30 rpm aproximadamente durante minuto y medio; el grano quebrado cae sobre una artesa o bandeja situada sobre el eje horizontal sobre el cual gira el cilindro (ver fig. 18); el grano entero resbala sobre los alvéolos de menor tamaño, y al terminar las revoluciones del cilindro queda sobre el fondo de éste, recogién dose manualmente con ayuda de una tarjeta.

El segundo cilindro de menor tamaño (capacidad) y con alvéolos más pequeños, separa el grano quebrado en dos fracciones : una en la que predomina el medio grano (quebrado grande), y la otra en la que predomina el granillo. En ambas fracciones encontramos entremezclados : medio grano, granillo, puntilla, y en menor proporción grano entero pequeño. Este cilindro se hace girar manualmente a la misma velocidad, y con el mismo tiempo que el primero.

La artesa o bandeja del grano quebrado se colocó sin que su eje central vertical hiciera ángulo con la línea vertical, perpendicular al eje de rotación del cilindro, de-

bido a la mezcla de granos enteros y quebrados de tamaños diferentes dentro de cada muestra, haciendo impráctico variar dicho ángulo de inclinación. Por tanto la separación fué -- más eficiente del modo mencionado, tanto en el arroz moreno como en el arroz blanco.

Después de pasar por los cilindros, las fracciones separadas se rectifican manualmente en el tablero de inspección, clasificándose en : medio grano, granillo, puntilla, palay no descascarado, impurezas y semillas extrañas. Y se pesan posteriormente en la balanza granataria de precisión.

B.3. Determinación del peso de 1,000 granos.- Se hizo el conteo de 1,000 granos enteros exclusivamente, esparciendo -- los granos en las tabletas alveoladas que se vacían luego en cajas de petri, para facilitar la cuenta. Los 1,000 granos deben ser granos sanos al igual que en el palay. La diferencia en peso de éstos (granos morenos) con el peso de 1,000 -- granos de arroz blanco, nos da la cantidad de salvado removido.

C) ARROZ BLANCO :

C.1. Aspecto general.- Antes de su fumigación y preparación para el análisis, se observó en el tablero de inspección, a las muestras registradas, anotándose su aspecto general : homogeneidad ó heterogeneidad en el tamaño; color, brillo u opacidad, y aspecto de la superficie de los granos; -- presencia de granos manchados o coloreados, amarillos o fermentados, picados, variolados; presencia de insectos o restos de los mismos; palay no descascarado (granos machos) e -- impurezas (restos de cascarillas, etc.).

C.2. Composición física.— Cada submuestra : A, B y C, al igual que en el arroz moreno, se sometió a una separación de puntilla, y a una separación preliminar en los cilindros de alvéolos, a la misma velocidad y tiempo; rectificando manual-mente en el tablero de inspección y clasificando cada fra-cción en : grano entero, medio grano, granillo, palay no des-casarado e impurezas totales. Estas fracciones se pesaron en la balanza granataria de precisión.

C.3. Determinación del peso de 1,000 granos.— Se hizo el conteo de 1,000 granos enteros y sanos, siendo éste, al i-gual que en el arroz moreno, al azar, en las tabletas alveo-ladas; vaciándose en cajas de petri y pesándose en la balan-za granataria de precisión.

D) POTENCIAL DE LA CALIDAD MOLINERA :

Nos indica el rendimiento que puede alcanzar un lote de una variedad determinada ó el rendimiento promedio - de varios lotes o réplicas del experimento; pudiendo compa-rar éstos rendimientos en relación a los dos sistemas de -blanqueo como patrón de referencia o blanco de la elabora-ción.

D.1. Potencial del descascarado.— De cada muestra de -arroz palay se obtuvieron 3 partidas de palay limpio y sano, de 100 granos cada partida, las cuales se pasaron por la des-casaradora Mc Gill; analizándose y pesándose las fracciones obtenidas de arroz moreno : entero, medio grano y granillo; y palay no descascarado, mediante los procedimientos descri-tos en B.2.

D.2. Potencial del blanqueo.- De cada muestra de arroz - moreno procedente de los molinos industriales, se obtuvieron 3 partidas de 80 gramos cada una (cantidad aproximadamente - igual de arroz moreno total, obtenida en el descascarado de laboratorio), las cuales se sometieron durante 40 a 60 segun dos (según la muestra) en el cono blanqueador; analizándose y pesándose las fracciones obtenidas de arroz blanco : entero, medio grano, granillo y puntilla; mediante los procedi- mientos descritos en C.2.

Antes de la elaboración se reguló la altura del cono blanqueador COLOMBINI y la profundidad de los frenos de caucho, para obtener arroz blanco bien elaborado. El proceso se puede considerar como un blanqueo en 3 pasos o etapas que es el número de veces que se recircula el arroz por el - cono blanqueador.

E) SALVADO :

E.1. Aspecto general.- Se observó en el tablero de inspección las características del salvado proveniente de los dos sistemas de blanqueo, anotándose : color, presencia de impurezas diversas, características del salvado verdadero, endospermo y germen. Esto último se llevó a cabo mediante pequeñas porciones de salvado de cada muestra cuarteada y homogeneizada, observándose en el estereomicroscopio.

4.3. Cálculos Efectuados.

A) Cálculo del % de cascarilla.- Se calculó de la siguiente manera :

- En base al peso de 1,000 granos de arroz :

$$\% \text{ Cascarilla} = \frac{\text{gramos de palay} - \text{gramos de moreno}}{\text{gramos de palay}} \times 100$$

- En base al balance en el descascarador de laboratorio :

$$P = M + C \dots (1) \quad \text{y} \quad T = P + N \dots (2)$$

P y C : incognitas

Despejando P de (2) y substituyendo en (1) :

$$T - N = M + C \dots (3)$$

Despejando C de (3), dividiendo entre (T - N) y multiplicando por 100 :

$$\% \text{ Cascarilla} = \frac{T - N - M}{T - N} \times 100$$

En donde :

- T : peso del palay que entra al descascarador (100 g)
- P : peso del palay que efectivamente se descascara (g)
- N : peso del palay no descascarado (g)
- M : peso de arroz moreno total obtenido (g)
- C : peso de la cascarilla (g)

NOTA : también se puede calcular el % de cascarilla mediante un balance global en los molinos industriales, pero - éste % no representa realmente a la cascarilla, sino a la mezcla de cascarilla, granos vanos, impurezas, -

así como posibles pérdidas de arroz blanco total, -- principalmente grano quebrado, y también salvado no recuperado.

F) Cálculo del grado de elaboración. -- Existen varios métodos físicos y químicos, reportados para determinar el grado de elaboración (9,10). Aquí solo se utilizaron métodos físicos referentes a pérdidas de peso.

- En base al peso de 1,000 granos de arroz :

$$\% \text{ Salvado Removido} = \frac{\text{gramos de moreno} - \text{gramos de blanco}}{\text{gramos de moreno}} \times 100$$

- En base al balance en el cono blanqueador de laboratorio :

$$M = E + S \dots (4) \text{ , por lo que :}$$

$$S = M - E \dots (5)$$

Dividiendo (5) entre M y multiplicando por 100 :

$$\% \text{ Salvado Removido} = \frac{M - E}{M} \times 100$$

En donde :

M : peso de arroz moreno que entra al cono blanqueador (g)

E : peso de arroz blanco total obtenido (g)

S : peso de salvado (g)

NOTA : también se puede determinar el % de salvado pesando -

directamente el salvado recuperado en cada máquina -- (réplica del experimento) de los molinos industriales. Sin embargo, dicho ϵ no representa en modo alguno el grado de elaboración alcanzado, ya que el salvado industrial está constituido por una mezcla heterogénea de : salvado verdadero, impurezas, fragmentos de endospermo, etc., además de que pueden existir pérdidas importantes de dicho salvado en los molinos industriales.

(Ref. de la sección 4.3. : 10, 18, 22, 55).

4.4. Análisis Estadístico.

En el análisis estadístico se plantearon una serie de interrogantes y decisiones, por lo que en los diagramas de las figuras 23 y 24, se esquematizaron las situaciones que presentan los resultados obtenidos y su interpretación estadística. En las referencias : 29, 47, 48 y 63, se encuentran las ecuaciones y fórmulas utilizadas y la interpretación estadística de los resultados.

5.- Balance de Materiales.

El balance de materiales nos proporciona un segundo -- criterio independiente del criterio estadístico para evaluar los rendimientos obtenidos en el blanqueo en una y en 4 etapas. Sin embargo, no es posible aceptar como verdaderos los rendimientos de arroz blanco entero y arroz blanco quebrado, pues las prácticas para su clasificación están regidas por --

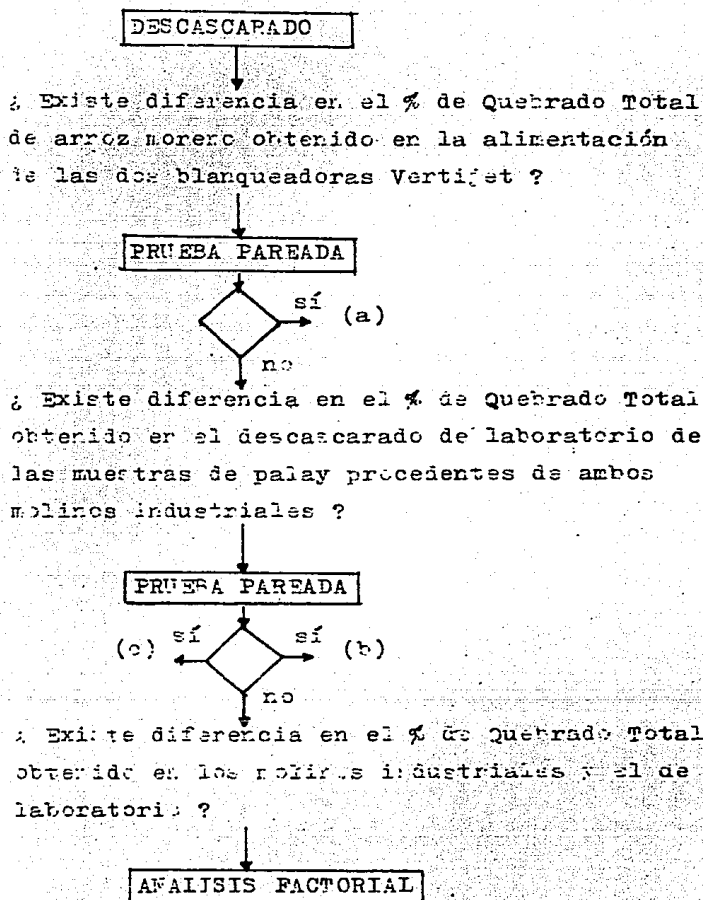
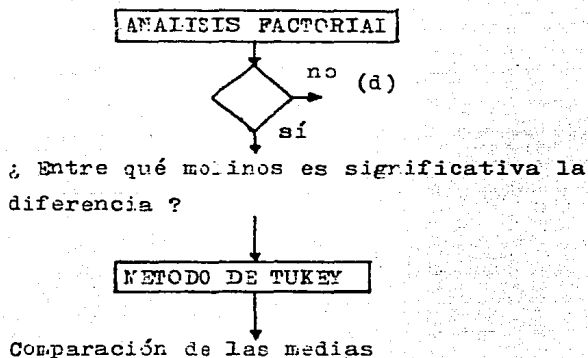


FIG. 23. Diagrama Esquemático del Análisis Estadístico en el Descascarado.



EXPLICACION PROBABLE ó DECISION :

- (a) El muestreo fué deficiente.
- (b) Existe diferencia significativa en el palay utilizado en ambos molinos industriales.
- (c) El descascarado de laboratorio no fué controlado adecuadamente.
- (d) Tomar un solo promedio.

FIG. 23. Diagrama Esquemático del Análisis Estadístico en el Descascarado.
(Continuación).

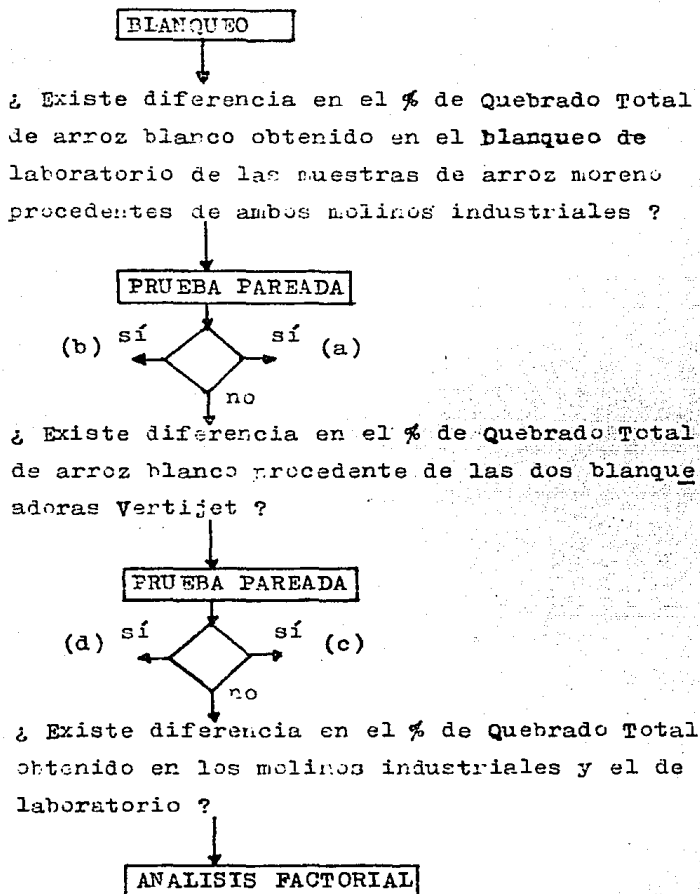


FIG. 24. Diagrama Esquemático del Análisis Estadístico en el Blanqueo.

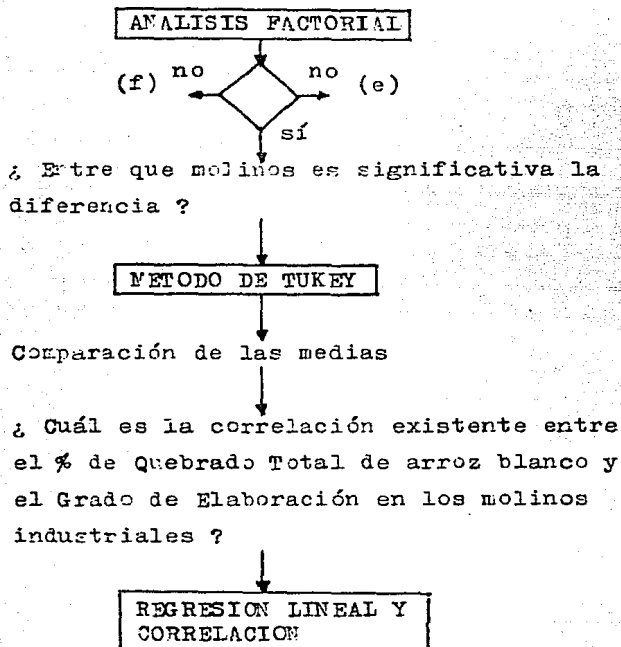


FIG. 24. Diagrama Esquemático del Análisis Estadístico en el Blanqueo.
(Continuación).

EXPLICACION PROBABLE ó DECISION :

- (a) El % de Quebrado Total de arroz moreno es significativamente diferente en ambos molinos industriales.
- (b) El blanqueo no fué controlado adecuadamente.
- (c) El muestreo fué deficiente.
- (d) alguna de las blanqueadoras opera inadecuadamente ó está mal ajustada.
- (e) El error experimental fué muy grande por diseño inadecuado del experimento. Promover otro diseño experimental.
- (f) No existe diferencia entre ambas sistemas de blanqueo y se toma un solo promedio.

FIG. 24. Diagrama Esquemático del Análisis Estadístico en el Descascarado.

(Continuación).

el punto de vista comercial. Esto es que en el arroz blanco declarado como entero, existen grandes proporciones de arroz quebrado; y de igual manera ocurre con las fracciones comerciales de grano quebrado, las cuales están mezcladas unas -- con otras. No obstante, es posible aprovechar los datos obtenidos de arroz blanco total y de salvado recuperado, los cuales nos pueden auxiliar en la interpretación de los datos obtenidos por el muestreo estadístico. El balance global se efectuó de la manera descrita en la 4.1.1. y los resultados que se muestran en el Apéndice 1, se discuten paralelamente a los resultados del muestreo estadístico.

5.1. Consideraciones sobre la Clasificación del Proceso de Elaboración de Arroz.

El proceso de elaboración de arroz aunque no es un proceso químico sino físico o mecánico exclusivamente, se puede considerar que es clasificable de acuerdo a los principios -- establecidos en un proceso químico. De acuerdo a éstos prin-- cipios el proceso de elaboración de arroz es un caso espe--- cial, ya que es a la vez continuo e intermitente. El flujo de materiales a través de los equipos es continuo, mientras que dicho flujo entre una y otra operación o entre uno y o--- tro equipo es intermitente. El flujo intermitente es eviden--- te por el uso de tolvas y por la diferencia entre la veloci--- dad másica de entrada y la velocidad másica de salida, desde el comienzo de la operación de limpieza hasta el ensacado de productos y subproductos.

El proceso de elaboración de arroz es un proceso físi--- co de separación, ya que a partir de una sola corriente :

palay, se forman varias corrientes : arroz blanco, salvado y cascarilla. (61).

5.2. Balance Global de Materia.

A continuación se plantea el balance global de materia en un molino de arroz, considerando los productos finales :

$$P = B + S + C + L \dots(6)$$

En donde :

P : palay procesado (kg)

B : arroz blanco total recuperado (kg)

S : salvado industrial recuperado (kg)

C : cascarilla industrial (kg)

L : pérdidas durante el proceso (kg)

El arroz blanco total es :

$$B = E + Q \dots(7)$$

En donde :

E : arroz blanco entero (kg)

Q : arroz blanco quebrado (kg)

5.3. Balance en el Descascarado.

En el descascarado se obtiene un producto intermedio y un subproducto final :

$$P = M + C \dots (8)$$

En donde :

M : arroz moreño total (kg)

El arroz moreno total es :

$$M = E_m + Q_m \dots (9)$$

En donde :

E_m : arroz moreno entero (kg)

Q_m : arroz moreno quebrado (kg)

5.4. Balance en el Blanqueo.

En el blanqueo se obtienen varios productos finales y un subproducto final:

$$M = B + S \dots (10)$$

Un balance considerando las fracciones de arroz blanco y fragmentos de endospermo del mismo, e impurezas, presentes en el salvado :

$$M = B + S x_a + S x_b + S x_c \dots (11)$$

$$x_a + x_b + x_c = 1 \dots (12)$$

En donde :

x_a : fracción-masa de arroz blanco presente en el salvado industrial.

x_b : fracción-masa de impurezas presentes en el salvado industrial.

x_c : fracción-masa de salvado verdadero presente en el salvado industrial.

En consecuencia y estrictamente hablando, el arroz blanco total es : $B + S x_a$, pero en términos prácticos

es conveniente considerar : $x_2 = 0$

Finalmente :

$$Q = MG + G$$

En donde :

MG : medio grano de arroz blanco (kg)

G : granillo (kg)

No obstante, es factible separar el grano quebrado de arroz blanco en más fracciones industriales, como son :

3/4 de grano y puntilla.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION
DE RESULTADOS.

1.- EVALUACION DEL DESCASCARADO EN LOS MOLINOS
INDUSTRIALES Y EL DE LABORATORIO.

1.1. Comparación del % de Quebrado Total de Arroz
Moreno en los Molinos correspondientes al
Blanqueo en una y en 4 Etapas y el Molino de
Laboratorio.

De acuerdo al diagrama planteado en la fig. 23, se encontró que :

- En términos estadísticos no se encontró evidencia suficiente para decir que existen diferencias en el % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en dos sitios de muestreo diferentes y que corresponden a las tolvas de alimentación en -- las dos blanqueadoras Vertijet muestreadas; dentro de un intervalo de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$) de $\bar{d} = 4.66 \pm 5.97$.

- En términos estadísticos no se encontró evidencia suficiente para afirmar que existen diferencias en el % de Quebrado Total obtenido en el descascarado de laboratorio de las muestras de arroz palay procedentes de ambos molinos industriales; dentro de un intervalo de confianza del 90% ($\alpha = 0.1$) de $\bar{d} = 0.45 \pm 4.06$.

- En términos estadísticos según el análisis factorial, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, se encontró -- que :

- 1) El descascarado efectuado en los molinos industriales y de laboratorio da como resultado diferentes medias de los promedios de % de Quebrado Total de arroz moreno.
- 2) Las medias de los promedios de % de Quebrado Total de arroz moreno no son las mismas para los 4 lotes o réplicas del experimento.
- 3) Existe interacción entre el efecto del descascarado en los molinos industriales y de laboratorio y el efecto de los lotes o réplicas del experimento.

Por tanto, fué necesario observar el efecto del descascarado en los molinos industriales y de laboratorio, en cada lote o réplica del experimento, y solo aquellas pruebas que resultaron ser significativas tuvieron sentido.

Para lo anterior se llevó a cabo la prueba DMSH (Diferencia Mínima Significativa Honesta) o método de Tukey, el cual hace uso del estadístico q y de $S_{\bar{x}}$ que es la desviación estándar del error experimental.

El valor de DMSH fué de 3.85, y cualquier valor de las diferencias entre las medias de % de Quebrado Total de arroz moreno que lo rebasó, implica que dichas diferencias fueron significativas.

Los resultados obtenidos se expresan en el cuadro 11, y se observa que :

- En 4 lotes o réplicas del experimento : $\bar{x}_2 > \bar{x}_3$
- En 3 lotes o réplicas del experimento : $\bar{x}_2 > \bar{x}_1$
- En 2 lotes o réplicas del experimento : $\bar{x}_1 > \bar{x}_3$

C U A D R O 11

Diferencias Encontradas en el % de Quebrado Total Obtenido en el Descascarado en los Molinos Industriales y el de Laboratorio y su Significancia.

DIFERENCIAS ENTRE MOLINOS	SIGNIFICANCIA			
	LOTE O REPLICAS DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_1$	n.s.	$\bar{x}_2 > \bar{x}_1$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_1$
$\bar{x}_1 - \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 > \bar{x}_3$	n.s.	n.s.
$\bar{x}_2 - \bar{x}_3$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$	$\bar{x}_2 > \bar{x}_3$

Símbolos :

\bar{x}_1 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino tradicional.

\bar{x}_2 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino Neuco.

\bar{x}_3 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino de laboratorio.

n.s. : diferencia no significativa.

En consecuencia :

- El % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el descascarado del molino Neuco es superior en más de un 3.85% al % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino de laboratorio, en los 4 lotes o réplicas del experimento.
- El % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el descascarado del molino Neuco es superior en más de un 3.85% al % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino -- tradicional, en 3 lotes o réplicas del experimento de un total de 4; mientras que en el restante aunque la diferencia -- no fué significativa, también fué superior el % de Quebrado Total del molino Neuco al % de Quebrado Total del molino tra-- dicional. Esto es la probabilidad de que el % de Quebrado -- Total en el molino Neuco sea mayor en un 3.85% es de $p = 3/4$, es decir de un 75%.
- El % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el moli-- no tradicional superó en un 3.85% al % de Quebrado Total ob-- tenido en el molino de laboratorio, en 2 lotes o replicas -- del experimento; mientras que en las otras dos (la mitad) -- también fué superior, aunque no rebasó el valor de signifi-- cancia mencionado.

Por tanto :

- Las medias de los promedios de % de Quebrado Total de --- arroz moreno producido en el descascarado se pueden ordenar de la siguiente forma :

ya que aunque en algunos lotes o réplicas la diferencia no -

fué significativa, la diferencia encontrada siempre fué en el sentido señalado por el símbolo $>$: mayor que.

En el cuadro 12 se muestran las diferencias máximas y mínimas entre los porcentajes de Quebrado Total de arroz moreneno obtenido en los molinos referidos.

El amplio intervalo observado en el cuadro 12, entre el valor máximo y el valor mínimo de las diferencias nos sugiere que una gran parte de la variación se debe a la operación de los molinos entre uno y otro lote o réplica del experimento; mientras que el valor mínimo de 3.85% para una diferencia significativa nos puede explicar una diferencia significativa en cuanto al estado de las máquinas, como pudiera ser el desgaste de los rodillos.

Es importante hacer notar que las diferencias encontradas no se deben al sistema de descascarado, pues es el mismo en los 3 molinos. No obstante, el mayor porcentaje de quebrado en el molino Neuco puede deberse a un mal diseño de las máquinas descascaradoras de dicho molino.

Del cuadro 8 se deduce que la longitud de la cascada de grano que presentan los rodillos al descascarado, es menor en las descascaradoras CIRCOMBI del molino Neuco, pese a que tienen mayor capacidad, lo que se logra incrementando las rpm en un 28% y el área superficial de los rodillos en un 10%, en relación a las descascaradoras OPTIMA del molino tradicional. Este hecho sumado a una potencia mayor del motor, incrementan los esfuerzos mecánicos en el grano que se está descascarando, dando por resultado una mayor proporción

C U A D R O 12

Diferencias Máximas y Mínimas en el % de Quebrado Total Obtenido en el Descascarado en los Molinos Industriales y el de Laboratorio.

DIFERENCIAS ENTRE MOLINOS	Diferencias en el % de Quebrado Total	
	Valor Máximo	Valor Mínimo
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	17.17	0.97
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	7.95	0.91
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	25.12	4.91

Símbolos :

- \bar{X}_1 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino tradicional.
- \bar{X}_2 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino Nauco.
- \bar{X}_3 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino de laboratorio.

de grano quebrado, debido a un aumento en el coeficiente de fricción entre la superficie de los rodillos y el grano.

Aunado a lo anterior se observó durante el desarrollo de éste trabajo, que no existe información industrial al respecto del material con que se recubren los rodillos y su relación con el porcentaje de grano quebrado obtenido en la operación, notándose que prevalecen los criterios de costos y duración de los rodillos, sin considerar la eficiencia del descascarado y el rompimiento del grano.

Las diferencias encontradas entre el molino tradicional y el de laboratorio, solamente fueron significativas en dos lotes o réplicas del experimento, por lo que la probabilidad de que el % de Quebrado Total obtenido en el molino tradicional sea mayor en un 3.85% al % de Quebrado Total obtenido en el molino de laboratorio es de solo un 50% ($p = 0.5$). Por tanto dichas diferencias solamente se pueden deber a un mejor ajuste de la descascaradora del molino de laboratorio.

NOTA : la eficiencia o eficacia del descascaramiento se define por la siguiente relación (22) :

Eficacia del descascaramiento (%) = $\frac{\text{coeficiente de descascaramiento} \times \text{coeficiente de integridad} \times 100}{\text{peso de arroz moreno total}} \times \text{peso de la muestra (mezcla de moreno y palay)}$

En donde :

Coeficiente de descascaramiento = $\frac{\text{peso de arroz moreno total}}{\text{peso de la muestra (mezcla de moreno y palay)}}$

Coefficiente de integridad = $\frac{\text{peso de arroz moreno entero}}{\text{peso de la muestra (mezcla de arroz moreno entero y quebrado)}}$

El coeficiente de descascaramiento se evalúa durante un solo ciclo del proceso; y el coeficiente de integridad -- multiplicado por 100, nos da el % de Grano Entero.

En los cuadros de resultados : 13, 14 y 15, se muestran los porcentajes de Quebrado Total discutidos previamente, y los resultados del análisis completo de las muestras de arroz moreno, como es la proporción de las distintas fracciones de quebrado. La proporción en que se encuentran dichas fracciones puede ser un patrón de la distribución de esas fracciones durante el rompimiento del grano; y además -- una característica del comportamiento de las descascaradoras, y en el caso de las blanqueadoras del comportamiento del sistema de blanqueo específico.

En el cuadro 13 se observa que :

- La fracción que determina el porcentaje de arroz moreno -- quebrado total es la de medio grano, que es la que más varia ción presenta en el procesamiento de los lotes o réplicas -- del experimento, y su aparición en mayor o menor proporción es probable que esté influenciada por el ajuste de las máqui nas durante la operación de descascarado.

- La fracción de granillo es casi constante dadas las condiciones de operación, durante el procesamiento de los 4 lotes o réplicas del experimento, lo cual podría indicarnos un pa-

C U A D R O 13

Composición Física del Arroz Moreno a la
Entrada de las Blanqueadoras en el Sistema
en 4 Etapas. Molino Tradicional. (*).

COMPONENTE	LOTE O REPLICAS DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	80.50	85.03	82.02	82.71
QUEBRADO TOTAL	19.03	14.53	17.85	16.93
MEDIO GRANO	13.34	8.40	11.89	11.13
GRANILLO	5.02	5.74	5.53	5.31
PUNTILLA	0.67	0.39	0.43	0.49
ARROZ PALAY	0.14	0.15	0.04	0.24
IMPUREZAS TOTALES	0.33	0.27	0.09	0.11

(* Medias de los Porcentajes Promedio en base al
peso de 100 g de muestra.

trón de ruptura característico de éstas descascaradoras.

- Existe una ligera relación entre las fracciones de granillo y puntilla y el grano entero, ya que a medida que se incrementan dichas fracciones también se incrementa la proporción de grano entero.

En el cuadro 14 se observa que :

- Existe una gran variación en el porcentaje de las fracciones de grano quebrado de un lote procesado o réplica del experimento a otro lote o réplica; debido probablemente a un control y a un ajuste inadecuado de las máquinas. Al igual que en el molino tradicional, la fracción de medio grano es la que proporcionalmente influye más en el porcentaje de quebrado total obtenido.

- En los lotes o réplicas 3 y 4 los porcentajes de grano entero y quebrado, así como las distintas fracciones de éste se aproximan, indicándonos que es probable que se hayan operado las máquinas descascaradoras con distintas eficiencias en relación al % de grano descascarado (coeficiente de descascaramiento); siendo que en el planteamiento inicial se dió por sentado que dicho porcentaje sería constante para las descascaradoras durante el procesamiento de los 4 lotes o replicas del experimento.

En el cuadro 15 se aprecia contrariamente que la fracción de granillo es la que determina el porcentaje de grano quebrado total, y no la fracción de medio grano. Esto nos indica que bajo condiciones controladas, el % de medio grano se puede reducir drásticamente.

C U A D R O 14

Composición Física del Arroz Moreno a la
Entrada de las Blanqueadoras en el Sistema
en una Etapa. Molino Neuco. (*).

COMPONENTE	LOTE O REPLICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	63.24	84.57	74.68	74.91
QUEBRADO TOTAL	36.20	15.15	25.12	24.67
MEDIO GRANO	22.13	8.65	16.30	15.90
GRANILLO	13.05	6.11	8.18	8.01
PUNTILLA	1.02	0.39	0.64	0.76
ARROZ PAIAY	0.28	0.15	0.09	0.14
IMPUREZAS TOTALES	0.28	0.13	0.10	0.28

(*). Medias de los Porcentajes Promedio en base al
peso de 100 g de muestra.

El coeficiente de descascaramiento, expresado en %, alcanzado en el laboratorio fué de 95.73% con una desviación estándar de $S = 0.75773$ y un coeficiente de variación (%) de $\%C.V. = 0.79154$. Si se toma el promedio del % de arroz entero, que es de 86.30% (coeficiente de integridad), la eficacia promedio de la descascaradora de laboratorio en los 4 lotes o replicas del experimento fué de :

$$\text{Eficacia del descascaramiento} = 0.9573 \times 0.8630 \times 100$$

$$\text{Eficacia del descascaramiento} = 82.61 \%$$

Así pues es de esperar que dicha eficacia haya sido menor en los molinos industriales.

1.2. Comparación del % de Cascarilla obtenido en base al Peso de 1,000 granos y en base a Balances de Materia en el Molino de Laboratorio.

En el cuadro 16 se muestran : el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, del % de cascarilla obtenido mediante el peso de 1,000 granos (A) y en base al balance de materia en el laboratorio (B).

Comparando los coeficientes de variación el método de determinación de cascarilla por balance de materia en el descascador de laboratorio, resulta más exacto, pero si consideramos la diferencia entre uno y otro promedio (0.16), el coeficiente de variación en relación al método B es de 0.76299 (%) el cual es aún menor al método referido. Por --

C U A D R O 15

Composición Física del Arroz Moreno Obtenido
en el Descascarado de Laboratorio o Potencial
del Descascarado. (*).

COMPONENTE	LOTE O REPIICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	88.92	89.41	81.35	85.51
QUEBRADO TOTAL	11.08	10.59	18.65	14.94
MEDIO GRANO	5.14	2.39	4.01	3.54
GRANILLO	5.94	8.20	14.64	10.95

(*) Medias de los Porcentajes Promedio en base al peso de 100 g de arroz moreno para efectos de comparación.

C U A D R O 16

% de Cascarrilla Obtenido por Peso de 1,000 Granos
(A) y mediante Balance de Materia en el Descascarador (B).

METODO	\bar{x}	s	% C.V.
A	21.13	0.86096	4.07532
B	20.97	0.23857	1.13766

tanto, es bastante confiable determinar el % de cascarilla - por medio de la diferencia en el peso de 1,000 granos de pa- lay y arroz moreno. La mayor variación en éste método nos - indica que es más sensible a diferencias de peso de granos - de tamaño desigual dentro de una variedad, o de variedades - distintas mezcladas en un mismo lote.

2.- EVALUACION DEL BLANQUEO EN LOS MOLINOS INDUSTRIALES Y EL DE LABORATORIO.

2.1. Comparación del % de Quebrado Total de Arroz Blanco en el Blanqueo en una y en 4 etapas y el Blanqueo de Laboratorio.

De acuerdo al diagrama planteado en la fig. 24, se encontró que :

- En términos estadísticos no se encontró evidencia suficiente para decir que existen diferencias en el % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo de laboratorio - de las muestras de arroz moreno procedentes de ambos molinos industriales; dentro de un intervalo de confianza del 90% ($\alpha = 0.1$) de $\bar{d} = 2.20 \pm 4.63$.

- En términos estadísticos no se encontró evidencia suficiente para afirmar que existen diferencias en el % de Quebrado Total de arroz blanco, obtenido en las dos blanqueadoras Vertijet del molino Neuco; dentro de un intervalo de confianza del 90% ($\alpha = 0.1$) de $\bar{d} = 1.04 \pm 6.28$.

- En términos estadísticos, según el análisis factorial, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, se encontró - que :

- 1) El blanqueo efectuado en los molinos industriales y de laboratorio, da como resultado diferentes medias de los promedios de % de Quebrado Total de arroz blanco.
- 2) Las medias de los promedios de % de Quebrado Total de arroz blanco no son las mismas para los 4 lotes o réplicas del experimento.
- 3) Existe interacción entre el efecto del blanqueo en los molinos industriales y de laboratorio y el efecto de los lotes o réplicas del experimento.

Lo anterior era de esperarse en virtud de los resultados encontrados en el análisis factorial del % de Quebrado Total de arroz moreno, y en consecuencia se observó el efecto del blanqueo en los molinos industriales y de laboratorio, en cada lote o réplica del experimento, y solamente aquellas pruebas que resultaron ser significativas tuvieron sentido.

Se llevó a cabo la prueba DMSH (Diferencia Mínima Significativa Honesta) o método de Tukey, y el valor de DMSH - fué de 5.54.

Los resultados obtenidos se expresan en el cuadro 17, y se observa que :

- En 2 lotes o réplicas del experimento : $\bar{X}_1 > \bar{X}_2$
 y en 1 lote o réplica del experimento : $\bar{X}_2 > \bar{X}_1$

C U A D R O 17

Diferencias Encontradas en el % de Quebrado Total Obtenido en el Blanqueo en los Molinos Industriales y el de Laboratorio y su Significancia.

DIFERENCIAS ENTRE MOLINOS	S I G N I F I C A N C I A			
	L O T E O R E P L I C A D E L E X P E R I M E N T O			
	1	2	3	4
$\bar{X}_1 - \bar{X}_2$	$\bar{X}_2 > \bar{X}_1$	$\bar{X}_1 > \bar{X}_2$	n.s.	$\bar{X}_1 > \bar{X}_2$
$\bar{X}_1 - \bar{X}_3$	$\bar{X}_3 > \bar{X}_1$	$\bar{X}_1 > \bar{X}_3$	n.s.	$\bar{X}_1 > \bar{X}_3$
$\bar{X}_2 - \bar{X}_3$	n.s.	$\bar{X}_3 > \bar{X}_2$	n.s.	n.s.

Símbolos :

- \bar{X}_1 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo en 4 etapas.
- \bar{X}_2 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo en una etapa.
- \bar{X}_3 : media de los promedios del % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo de laboratorio.
- n.s. : diferencia no significativa.

Esto es contrario al resultado esperado ya que en el % de Quebrado Total de arroz moreno : $\bar{x}_2 > \bar{x}_1$ en 3 de 4 lotes o réplicas del experimento, y en consecuencia el mismo sentido en las diferencias tendría que tener el % de Quebrado Total de arroz blanco en los molinos industriales.

- En 2 lotes o réplicas del experimento : $\bar{x}_1 > \bar{x}_3$
 y en 1 lote o réplica del experimento : $\bar{x}_3 > \bar{x}_1$

Resulta contrario a lo esperado el hecho de que el % de Quebrado Total de arroz blanco haya sido mayor en el molino de laboratorio, que en el molino tradicional, en un lote o réplica del experimento.

- En un lote o réplica del experimento : las diferencias entre los molinos industriales y de laboratorio no fueron significativas.

Esto haría suponer de que en realidad no existen diferencias significativas en el % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo en una etapa y en 4 etapas.

La tendencia contradictoria observada se debe a que :

- 1) Existe pérdida de grano quebrado en el molino Neuco.
- 2) Al grado de elaboración alcanzado en los molinos industriales y de laboratorio en cada lote o réplica del experimento.

Estos dos puntos se discuten más adelante.

En los cuadros : 18, 19 y 20, se muestran los resultados discutidos previamente, así como la proporción de las distintas fracciones dentro del % de Quebrado Total.

C U A D R O 18

Composición Física del Arroz Blanco a la Salida de las Blanqueadoras en el Sistema en 4 Etapas. (*)

COMPONENTE	LOTE O REPLICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	75.77	67.74	63.71	61.24
QUEBRADO TOTAL	24.22	32.24	36.28	38.71
MEDIO GRANO	10.84	19.66	23.03	23.64
GRANILLO	12.42	11.44	11.79	14.12
PUNTILLA	0.96	1.14	1.46	0.95
ARROZ PALAY	—	—	—	0.01
IMPUREZAS TOTALES	—	0.02	0.01	0.04

(*) Medias de los Porcentajes Promedio en base al peso de 100 g de muestra.

De el cuadro 18 se deduce que en los lotes o réplicas del experimento : 2, 3 y 4, la distribución de cada una de las fracciones, considerando el quebrado Total como el 100%, es aproximadamente la misma a la distribución de cada una de las fracciones correspondientes al quebrado total de arroz moreno referido también a un 100%.

Considerando el porcentaje de incremento de cada fracción en relación al incremento total de arroz quebrado, se deduce que dicho incremento es casi igual al % de cada fracción presente en el quebrado Total de arroz moreno y arroz blanco. Esto no significa una correlación entre el % de Quebrado Total de arroz moreno y el % de Quebrado Total de arroz blanco. Así la proporción de medio grano en el quebrado Total incrementado, es de $3/5$ (60%), la de granillo es de $9/25$ (36%) y la de puntilla es de $1/25$ (4%).

Asímismo en dicho cuadro 18 se observa que :

La proporción de grano quebrado está al igual que en el arroz moreno, determinada por la fracción de medio grano, mientras que la fracción de granillo permanece casi constante.

En el cuadro 19 se observa que :

En los dos primeros lotes o réplicas del experimento existe un decremento en el % de quebrado Total de arroz blanco en relación al % de quebrado Total de arroz moreno. Aunque como ya se mencionó no es posible correlacionar en la tesis presente ambos porcentajes, es evidente de que existe pérdida de arroz quebrado en éste molino, ya que como se observa en el molino tradicional, existe una clara tendencia -

C U A D R O 19

Composición Física del Arroz Blanco a la Salida de las Blanqueadoras en el Sistema en una Etapa. (*)

COMPONENTE	LOTE O REPLICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	65.48	86.29	61.58	73.41
QUEBRADO TOTAL	34.51	13.63	38.39	26.54
MEDIO GRANO	14.77	10.19	17.56	17.17
GRANILLO	18.76	3.31	19.71	9.12
PUNTILLA	0.98	0.13	1.12	0.25
ARROZ PALAY	—	0.07	0.03	0.05
IMPUREZAS TOTALES	—	—	—	—

(*) Medias de los Porcentajes Promedio en base al peso de 100 g de muestra.

de aumento en el % de cada una de las fracciones sobre todo en las de granillo y puntilla, siendo éstas últimas en el - molino Neuco, menores en el arroz blanco que en el arroz mo reno en los dos primeros lotes o réplicas del experimento, : ya mencionados; mientras que en los lotes o réplicas del ex perimento : 1, 2 y 4, también se observa un decremento en - el % de puntilla de arroz blanco en relación al arroz more- no.

En el cuadro 20 se observa que :

En concordancia con lo observado en el Potencial del Descascarado, la fracción que determina el % de Quebrado To tal no es la de medio grano, sino la de granillo, lo que -- nos indica que bajo condiciones controladas se puede redu-- cir el % de medio grano.

El hecho de que un lote o replica del experimento se haya encontrado que el % de Quebrado Total de arroz blanco de laboratorio sea significativamente mayor al % correspon- dierte en el molino tradicional, es reflejo del mayor grado de elaboración alcanzado en el blanqueo de laboratorio y -- que se discute más adelante.

En relación al hecho de que en un lote o réplica del experimento el % de Quebrado Total de arroz blanco haya si- do significativamente mayor al % correspondiente en el moli- no Neuco es aparente, en virtud de lo discutido a la pérdi- da de grano en dicho molino, y sobre todo al mayor grado de elaboración alcanzado en el blanqueo de laboratorio.

C U A D R O 20

Composición Física del Arroz Blanco Obtenido
en el Blanqueo de Laboratorio o Potencial
del Blanqueo. (*).

COMPONENTE	LOTE O REPLICAS DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
GRANO ENTERO	65.45	76.03	65.56	68.84
QUEBRADO TOTAL	34.55	23.98	34.44	31.16
MEDIO GRANO	13.16	4.75	7.01	6.46
GRANILLO	20.11	18.32	26.10	23.71
PUNTILLA	1.28	0.91	1.34	0.99

(*) Medias de los Porcentajes Promedio en base al peso de 100 g de arroz blanco para efectos de comparación.

2.2. Comparación de los Resultados obtenidos por Balances de Materia en los Molinos Industriales.

En el Apéndice I se muestran los balances efectuados - en los molinos industriales. En los cuadros 21 y 22 se muestran los porcentajes de arroz blanco total y de cascarilla - obtenida por diferencia en ambos molinos.

Considerando las diferencias de los resultados de cascarilla del cuadro 21, con los promedios obtenidos por los - métodos A y B del cuadro 16, se encontró que el coeficiente de variación de dichas diferencias es sensiblemente superior en los lotes o réplicas del experimento : 2 y 4. Esto significa una pérdida promedio de materia del 1.5% en ambos lotes o réplicas del experimento, descontando la parte de la diferencia debida a la variación en los promedios de % de cascarilla en los métodos A y B.

Tomando en cuenta que la composición física del palay a la salida de la operación de limpieza es prácticamente la misma a la del palay antes de dicha operación en virtud de - su ineficiencia, se comprueba que las pérdidas de materia de los lotes referidos en el molino tradicional, son atribuibles al % de vanos y al % de impurezas, presentes en el palay procesado. La suma de dichos componentes es de 2.26% (cuadro 6), y su procesamiento no rinde ningún producto comestible.

Considerando las diferencias de los resultados de cascarilla del cuadro 22, con los promedios obtenidos por los - métodos a y B del cuadro 16, se encontró que el coeficiente

C U A D R O 21
 Rendimientos Totales del Molino Tradicional.
 Blanqueo en 4 Etapas. (*).

PRODUCTO	LOTE O REPLICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
ARROZ BLANCO TOTAL	66.69	66.17	68.66	67.51
CASCARILLA (por diferencia)	22.02	23.31	21.35	22.88

C U A D R O 22
 Rendimientos Totales del Molino Neuco.
 Blanqueo en una Etapa. (*).

PRODUCTO	LOTE O REPLICA DEL EXPERIMENTO			
	1	2	3	4
ARROZ BLANCO TOTAL	66.08	63.41	62.37	68.03
CASCARILLA (por diferencia)	24.32	28.60	29.40	23.46

(*). Porcentajes en base al peso de palay procesado.

de variación de dichas diferencias en relación a ambos métodos, es notablemente superior en los 4 lotes o réplicas del experimento. Esto significa una pérdida promedio de materia de 2.3% en los lotes 1 y 4, y de 7.4% en los lotes o réplicas 2 y 3, descontando la parte de la diferencia debida a la variación en los promedios del % de cascarilla en los métodos A y B.

De igual forma que lo referido para el molino tradicional, el 2.3% de materia perdida en los lotes o réplicas 1 y 4, es igual a la suma del % de vanos e impurezas (2.26%) presentes en el palay procesado; por lo que dicha pérdida de materia se debe atribuir a dichos componentes.

En los lotes o réplicas 2 y 3 existe una diferencia -- pronunciada entre el % de vanos e impurezas y la pérdida de materia de : $7.4\% - 2.3\% = 5.1\%$, lo que implica una pérdida de materia atribuible al arroz blanco total, principalmente arroz quebrado. Dicho arroz quebrado es factible que atravesase las mallas de las blanqueadoras Vertijet, junto con el salvado. Y también es probable de que una fracción del porcentaje de materia perdida corresponda a salvado no recuperado que es arrastrado junto con la cascarilla o que es lanzado al medio exterior junto con el aire de salida del ciclón de aspiración del molino Neuco.

2.3. Comparación del Grado de Elaboración o % de Salvado Removido en el Blanqueo en una y en 4 Etapas y el Blanqueo de Laboratorio.

De acuerdo a lo señalado en relación al % de Quebrado Total, resulta innecesario llevar a cabo un análisis factorial en el % de Salvado Removido, para ver si existen diferencias entre los molinos industriales y el de laboratorio.

En las referencias consultadas se señala que a mayor % de Salvado Removido, mayor es el % de grano quebrado; pero en dichas referencias no se propone ninguna relación matemática-probabilística de predicción entre ambas variables.

En el planteamiento del análisis estadístico se consideró el % de quebrado total de arroz blanco como una variable aleatoria e independiente de cualquier otra variable, - ya que :

- 1) No debían existir diferencias significativas en el % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el descascara do de los molinos industriales, por tener éstos el mismo principio de descascarado.
- 2) Se iba a tener un control sobre el grado de elaboración en los molinos industriales.

Por tanto se buscó algún tipo de relación entre el % de Quebrado Total de arroz moreno y de arroz blanco sin éxito. Esto significaba que la variable que determina el % de arroz quebrado en el blanqueo, es la variable grado de elaboración.

Esta variable se plantea por tanto, no como una variable aleatorio, sino como una variable física, matemática o científica, y que es una variable independiente de la cual depende casi exclusivamente el % de Quebrado Total.

Esto hace suponer de que no debe existir ninguna diferencia entre el % de Quebrado Total obtenido en el blanqueo en una etapa y el % de Quebrado Total obtenido en el blanqueo en 4 etapas, más que la diferencia debida al grado de elaboración alcanzado. Pero : ¿ se da la misma relación entre las variables susodichas en ambos sistemas de blanqueo ? Si no es así, significa que sí existe superioridad de un sistema en relación al otro, considerando que la correlación sea alta en las dos relaciones matemáticas buscadas.

El grado de elaboración alcanzado en el blanqueo de laboratorio fué superior al de los molinos industriales, en los 4 lotes o réplicas del experimento. Por tanto, puede decirse que sí se tuvo control del blanqueo de laboratorio, y de que el blanqueo de laboratorio en 3 etapas fué superior al blanqueo industrial en una y en 4 etapas, en cuanto a calidad molinera, considerando el % de grano entero como el grado de elaboración.

En el cuadro 23 se presentan las ecuaciones de regresión lineal simple, los coeficientes de correlación del momento producto de Pearson (r) y los coeficientes de determinación de la muestra (r^2), obtenidos para la relación de las variables mencionadas en ambos sistemas de blanqueo.

Como se observa en el cuadro 23, el coeficiente de correlación de 0.98279 indica una buena relación lineal entre

C U A D R O 23

Ecuaciones de Regresión Lineal y Coeficientes de Regresión para el % de Quebrado Total de Arroz Blanco y el % de Salvado Removido, en los Sistemas de Blanqueo en una y en 4 Etapas.

BLANQUEO	$\hat{Y} = m X + b$	r	r ²
Una Etapa	3.64901 X + 0.38907	0.6882	0.4737
4 Etapas	4.14609 X - 6.91924	0.9828	0.9659

Símbolos :

$\hat{Y} = m X + b$ modelo matemático determinístico.

m : pendiente de la recta.

b : ordenada al origen.

Y : variable aleatoria que es el % de Quebrado Total de arroz blanco.

X : variable matemática que es el % de Salvado Removido.

el % de Quebrado Total de arroz blanco y el % de Salvado Removido, para el Blanqueo en 4 Etapas, en el molino Tradicional. Ya que $r^2 = 0.96588$, es posible decir que alrededor del 97 % de la variación del % de Quebrado Total de arroz blanco, está explicada por una relación lineal con el % de Salvado Removido.

Como se observa en el mismo cuadro 23, el coeficiente de correlación de 0.68823 indica una asociación lineal entre el % de Quebrado Total de arroz blanco y el % de Salvado Removido, para el blanqueo en una etapa en el molino Neuco. Pero r^2 es muy baja y únicamente el 47 % de la variación del % de Quebrado Total de arroz blanco está explicada por una relación lineal con el % de Salvado Removido; mientras que el 53 % restante de dicha variación se debe a causas no explicadas.

Entre las causas no explicadas se deben de encontrar :

- 1) El alto % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en el molino Neuco, y en consecuencia la pérdida de arroz blanco, principalmente quebrado, detectada en los balances de materia.
- 2) El efecto de otra variable como la temperatura que cobre mayor importancia dentro del blanqueo en un paso o etapa.

En el cuadro 24 se presentan las medias de los promedios del % de Salvado Removido en el blanqueo en ambos sistemas.

Si tomamos en cuenta únicamente la relación promedio \bar{y}/\bar{x} (uniformidad promedio) del % de Quebrado Total de arroz

CUADRO 24
 Medias de los Promedios del % de Salvado
 Removido en Ambos Sistemas de Blanqueo. (*)

Lote o Réplica del Experimento	SISTEMA EN UNA ETAPA %	SISTEMA EN 4 ETAPAS %
1	10.52	7.57
2	5.83	9.33
3	7.66	10.78
4	6.55	10.70

(*) En base al peso de 1,000 granos.

blanco con el % de Salvado Removido, se observa que existe una clara ventaja en el blanqueo en 4 etapas :

BLANQUEO EN UNA ETAPA :

$$\frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\% \text{ de Quebrado Total}}{\% \text{ de Salvado Removido}} = \frac{28.27}{7.64} = 3.70$$

BLANQUEO EN 4 ETAPAS :

$$\frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\% \text{ de Quebrado Total}}{\% \text{ de Salvado Removido}} = \frac{32.86}{9.60} = 3.42$$

Mientras que dicha uniformidad promedio para el laboratorio fué de :

BLANQUEO DE LABORATORIO :

$$\frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\% \text{ de Quebrado Total}}{\% \text{ de Salvado Removido}} = \frac{31.03}{16.67} = 1.86$$

lo que confirma la superioridad del blanqueo de laboratorio.

Estos índices muestran que en base a la unidad porcentual de salvado removido : en el blanqueo en una etapa hubo mayor ruptura del grano que en el blanqueo en 4 etapas; y de que en el blanqueo de laboratorio se obtuvo una alta calidad molinera ; alto grado de elaboración y un % de quebrado Total de arroz blanco considerablemente menor al que cabría esperar.

2.4. Comparación de las temperaturas del Arroz durante la Operación de Blanqueo en Ambos Sistemas.

En el blanqueo en 4 etapas no se pudo relacionar la -- temperatura de la masa del grano a la salida del último cono blanqueador, con el % de Quebrado Total, porque la variación de dicha temperatura en los 4 lotes o réplicas del experimento es muy pequeña. Esto se debe a que la remoción gradual -- del salvado en el blanqueo en 4 etapas, permite que la temperatura del grano en el último cono no se incremente más allá de cierto límite. En el último paso es donde el tratamiento del grano es menos enérgico, lo cual se comprueba en el cuadro 25, en donde se presentan las observaciones del amperaje de los 4 conos blanqueadores; y por consiguiente la temperatura del grano a la salida del cuarto cono podría decirse -- que es igual e inclusive menor a la temperatura del cono que le antecede, como se aprecia en el cuadro 26, en donde se -- presentan las temperaturas medias del grano en los 4 conos -- blanqueadores.

La media de los promedios de la temperatura de la masa de arroz moreno alimentado en ambos sistemas fué de $\bar{x} = 29.5 \text{ }^\circ\text{C}$, con una desviación estándar de $S = 1.14593$ y un coeficiente de variación de $\% \text{ C.V.} = 3.8779$.

En el blanqueo en una etapa la temperatura que alcanza el grano a la salida de las blanqueadoras Vertijet es un parámetro más importante que en el blanqueo en 4 etapas, ya -- que la elevación de la temperatura se efectúa de una manera brusca.

C U A D R O 25

Amperaje Observado durante la Operación de los
4 Conos Blanqueadores en la Experimentación
Industrial, en el Molino Tradicional.

No. de Cono	A M P E R A J E (amperios)		
	\bar{x}	s	% C.V.
1	35.8	5.74167	16.02340
2	12.3	0.27386	2.22650
3	11.5	1.87083	16.26809
4	3.4	0.91742	26.85196

C U A D R O 26

Temperaturas Medias de la Masa del Grano a la
Salida de los 4 Conos Blanqueadores.

No. de Cono	T E M P E R A T U R A (°C)		
	\bar{x}	s	% C.V.
1	31.5	1.20416	3.82273
2	34.7	1.18896	3.42640
3	36.3	0.51346	1.41449
4	35.0	0.91548	2.61566

\bar{x} : promedio

s : desviación estándar

% C.V.: coeficiente de variación

Por tanto se buscó una relación matemática de predicción para la temperatura y el % de Quebrado Total, similar a la encontrada entre ésta última variable aleatoria y el grado de elaboración. De ésta manera, se tienen dos variables independientes : x_1 y x_2 que nos permiten predecir la respuesta de la variable dependiente : "y", o sea el % de Quebrado Total. Las temperaturas medias alcanzadas en los 4 lotes o réplicas del experimento se presentan en el cuadro 27.

Las medias de la temperatura de la masa del grano en el blanqueo en una etapa, fueron significativamente diferentes entre los 4 lotes o réplicas del experimento, por lo que se pudo establecer la relación mencionada que se muestra en el cuadro 28, junto con el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las lecturas de amperaje registrado en las dos blanqueadoras Vertijet.

Como se observa en el cuadro 28, el coeficiente de correlación de 0.85624 indica que la temperatura explica mejor aún el rompimiento del grano que es la variable grado de elaboración en el blanqueo en una etapa, ya que el 73% de la variación en el % de Quebrado Total, se debe a la relación lineal con la temperatura; mientras que en la asociación con el grado de elaboración ésta solo explica un 47 % de dicha variación.

No obstante, entre el grado de elaboración y la temperatura no existe asociación lineal, por lo que no es posible encontrar una sola ecuación de regresión lineal múltiple para predecir la respuesta del % de Quebrado Total. Asimismo el 27% no explicado de la ecuación lineal que asocia a la --

C U A D R O 27

Temperaturas Medias de la Masa del Grano a la Salida de las Blanqueadoras Vertijet en los 4 Lotes o Réplicas del Experimento.

Lote o Réplica del Experimento	T E M P E R A T U R A (° C)		
	\bar{x}	s	% C.V.
1	41.0	1.19523	2.91520
2	38.0	1.10140	2.89842
3	41.8	0.83666	2.00158
4	37.8	0.63246	1.67316

Símbolos :

\bar{x} : promedio

s : desviación estándar

% C.V : coeficiente de variación

C U A D R O 28

Ecuación de Regresión Lineal y Coeficientes de Regresión para el % de Quebrado Total de Arroz Blanco y la Temperatura de la Masa del Grano. Y la Media del Amperaje Observado durante la Operación de Blanqueo en una Etapa.

ECUACION DE REGRESION LINEAL	$\hat{Y} = m X + b$	r	r^2
	4.57017 X - 152.93993	0.8562	0.7332
AMPERAJE (amperios)	\bar{x}	s	% C.V.
	46.6	4.47710	9.60752

Símbolos :

$\hat{Y} = m X + b$ modelo matemático determinístico.

m : pendiente de la recta.

b : ordenada al origen.

Y : variable aleatoria que es el % de Quebrado Total de arroz blanco.

X : variable matemática que es la Temperatura de la masa del grano.

\bar{x} : promedio s : desviación estándar % C.V : coeficiente de variación

temperatura y el % de Quebrado Total, puede deberse a la pérdida de arroz ya señalada.

Es interesante observar que en el blanqueo en 4 etapas en donde la temperatura se incrementa gradualmente (de 1 a 3 °C en cada etapa), la variable que determina el rompimiento del grano es el grado de elaboración, en tanto que, en el blanqueo en una etapa, la temperatura que se incrementa (alrededor de 10 °C) de una manera brusca, sea ésta la variable que explica mejor el rompimiento del grano.

2.5. Comparación del Aspecto General del Salvado obtenido en Ambos Sistemas de Blanqueo.

El salvado obtenido en el blanqueo en una etapa presenta un color café pardo, mientras que el salvado obtenido en el blanqueo en 4 etapas presenta un color blanco crema.

La diferencia en el color se debe a que en el salvado del blanqueo en una etapa hay una mayor abundancia de escamas de salvado que es de color café, en tanto que en el salvado del blanqueo en 4 etapas, existe una mayor proporción de polvo de endospermo que es de color blanco. Lo anterior es el resultado de los dos principios de la elaboración involucrados: fricción de grano contra grano, en el blanqueo en una etapa, y abrasión del grano, en el blanqueo en 4 etapas.

En el salvado del blanqueo en una etapa existe una alta proporción de fragmentos muy finos de endospermo, de menor tamaño que la purtilla, pero de forma distinta a ésta. En cambio en el salvado del blanqueo en 4 etapas, se da una

mayor proporción de impurezas, sobre todo, restos de cascarillas.

En el salvado de ambos sistemas de blanqueo no se apreció alguna diferencia notable en la proporción de germen entero y dañado, encontrándose ambos aspectos del germen en -- los dos sistemas de blanqueo.

Es importante señalar que la alta temperatura del grano en el sistema en una etapa, ocasiona obstrucciones al flujo del salvado, el cual, debido al calentamiento se apelmaza en las mallas de las blanqueadoras Vertijet, por su alto contenido en grasa.

2.6. Comparación del Aspecto General del Grano de Arroz Blanco en Ambos Sistemas de Blanqueo.

El aspecto de los granos de arroz blanco provenientes del sistema de blanqueo en una etapa es :

- La superficie de los granos enteros es lisa y uniforme y -- bre de polvo de endospermo.
- La fracción de 3/4 de grano no presenta irregularidades en el borde de fractura.

El aspecto de los granos de arroz blanco, provenientes del sistema de blanqueo en 4 etapas es :

- La superficie de los granos enteros presenta raspaduras y hendeduras, las cuales le confieren aspereza al grano. En la manipulación de éste último en su inspección se desprendía -- polvo blanco del endospermo almidonado.

- La fracción de 3/4 de grano presenta irregularidades en el borde de fractura. Dichas irregularidades forman parte del granillo que se conserva en dicha fracción. Esto implica -- que en el blanqueo en una etapa se despunta una mayor por-- ción del grano originalmente entero, en relación al blanqueo en 4 etapas.

- En una de las muestras se encontró un fragmento de piedra de esmeril de uno de los conos, lo que revela un recubrimien-- to imperfecto de alguno de los conos blanqueadores ó un des-- gaste excesivo del o de los mismos durante la operación.

- En una de las muestras se encontró un insecto vivo de la -- especie *Sitophilus oryzae* L., cuya presencia indica infesta-- ción de insectos durante el almacenamiento posterior al aná-- lisis de las muestras, y que puede relacionarse con las ca-- racterísticas de la superficie del grano ya señaladas.

VII. CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

1.- CONCLUSIONES

1.1. Evaluación del Descascarado en los Molinos
Industriales y el de Laboratorio.

- Existen diferencias significativas en el % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en las descascaradoras de los molinos industriales, lo que implica diferencias significativas en las eficiencias de descascaramiento de dichos molinos.

- En términos estadísticos el % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en las descascaradoras del molino correspondiente al blanqueo en una etapa, es mayor al % de Quebrado Total de arroz moreno obtenido en los molinos correspondientes al blanqueo en 4 etapas y al blanqueo de laboratorio.

- El descascarado de laboratorio obtuvo el menor % de Quebrado Total de arroz moreno, alcanzando una eficacia promedio de descascaramiento de 82.61 %, siendo dicha eficacia menor en los molinos industriales, en virtud del mayor % de Quebrado Total de arroz moreno.

- No existe diferencia significativa en evaluar el % de cascarilla mediante balance de materia en el descascarador y por diferencia del peso de 1,000 granos de arroz moreno y arroz blanco, siendo los valores promedio de 20.97 % y

21.13 %, respectivamente.

1.2. Evaluación del Blanqueo en los Molinos Industriales y el de Laboratorio.

- Existen diferencias significativas en el % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido en el blanqueo en una y en 4 etapas y el blanqueo de laboratorio.

- Existen pérdidas de arroz blanco quebrado en el molino Neuco, correspondiente al blanqueo en una etapa, de un 5.1 % en dos lotes o réplicas del experimento, detectadas por balances de materia en combinación con resultados de laboratorio.

- Las pérdidas de arroz blanco en el molino Neuco, encubren los rendimientos reales de arroz blanco entero y quebrado que son evaluados mediante el muestreo estadístico.

- En el blanqueo en 4 etapas se encontró una asociación lineal entre el % de Quebrado Total de arroz blanco y el grado de elaboración alcanzado, que es descrita por una ecuación de predicción probabilística que tiene un coeficiente de correlación (r) de 0.98279 y un coeficiente de determinación de la muestra (r^2) de 0.96588.

- En el blanqueo en una etapa la asociación lineal encontrada entre el % de Quebrado Total de arroz blanco y el grado de elaboración alcanzado, presenta un coeficiente bajo por la pérdida de arroz blanco referida, y porque la temperatura emerge como una segunda variable independiente que determina al igual que el grado de elaboración el % de

Quebrado Total; siendo el coeficiente de correlación para la segunda variable de 0.85624 y con un coeficiente de determinación de la muestra de 0.73315, siendo éstos coeficientes - más altos que los correspondientes a la asociación entre el % de Quebrado Total de arroz blanco y el grado de elabora---ción.

- El blanqueo en una etapa rompe más el grano de ---arroz por unidad porcentual de salvado removido, que el blanqueo en 4 etapas, y en consecuencia no significa un adelanto tecnológico para la industria arrocera nacional. Esta con---clusión es independiente del efecto del descascarado en el -molino correspondiente al blanqueo en una etapa, el cual con---tribuye con un importante % de Quebrado Total alimentado a la operación de blanqueo, que no se ve reflejado en el % de Quebrado Total de arroz blanco obtenido por el muestreo. esta---dístico.

- El blanqueo de laboratorio rompe menos el grano de arroz por unidad porcentual de salvado removido, que el blanqueo efectuado en los molinos industriales, lo cual revela - que es factible mejorar los rendimientos molineros logrando un alto grado de elaboración.

- En el salvado obtenido en el blanqueo en una etapa se encontró cualitativamente una alta proporción de fragmentos finos de endospermo, en relación al salvado obtenido en el blanqueo en 4 etapas. Las características del salvado en ambos sistemas, reflejan los dos principios de la elabora---ción del arroz : abrasión y fricción.

- Las máquinas utilizadas en el blanqueo en una etapa, mejoran el aspecto del grano elaborado entero, por lo que -- son más adecuadas como pulidoras que como blanqueadoras.

- Las máquinas utilizadas en el blanqueo en 4 etapas, dañan al grano elaborado entero por efecto de la abrasión, - ya que en el último cono utilizado como pulidor, es un cono blanqueador. El daño a la superficie de los granos de arroz, puede afectar la resistencia de éstos al ataque de insectos y ocasionar mermas de calidad y cantidad en el arroz blanco almacenado.

2.- RECOMENDACIONES.

2.1. Evaluación del Descascarado en los Molinos Industriales.

- Se recomienda estudiar la relación entre las características de los rodillos, su velocidad de giro y el rompimiento del grano; evaluando simultáneamente las eficiencias de descascaramiento de varios ciclos, durante el procesamiento de cuando menos 3 lotes de palay; en los molinos correspondientes al blanqueo en una y en 4 etapas, y adicionalmente en otro molino correspondiente a otra empresa arrocera.

- Se recomienda hacer un estudio de costos de mantenimiento y refacciones en los molinos mencionados, en base al período de funcionamiento de los equipos descascaradores, durante la temporada de cosecha.

2.2. Evaluación del Blanqueo en los Molinos Industriales.

- Se recomienda relacionar el grado de elaboración -- con las preferencias del consumidor, para establecer el costo-beneficio del % de Quebrado Total de arroz blanco en asociación con el % de Salvado Removido.

- Se recomienda evaluar los costos de energía y mantenimiento de los equipos de blanqueo en una y en 4 etapas, en base a su período de funcionamiento durante la temporada de cosecha.

- Se recomienda instalar un segundo ciclón para la recuperación de salvado en el sistema de aspiración de éste en el molino Neuco.

A P E N D I C E 1

Rendimientos Totales a Pie de Molinos :

Tradicional y Neuco II

RENDIMIENTOS DEL MOLINO TRADICIONAL (DE CONOS) Y DEL
MOLINO NEUCO III CON PALAY DEL LOTE 1, DE LA VARIEDAD
SINALOA A-68.

FRACCION 6 PRODUCTO	MOLINO DE CONOS	MOLINO NEUCO	OBSERVACIONES
PALAY PROCESADO, Kg.	8,252.9	8,267.0	Se refiere al palay "sucio".
ARROZ BLANCO ENTERO, Kg. (%)	4,845.4 (52.71)	4,375.4 (52.92)	No se especifica el % como producto comercial.
3/4 DE GRANO DE BLANCO, Kg. (%)		300.7 (3.63)	No se obtuvo - la fracción de 3/4 en el moli no de conos.
MEDIO GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	433.7 (5.25)	712.7 (8.62)	
GRANILLO, Kg. (%)	225.4 (2.73)	74.2 (0.89)	
SALVADO, Kg. (%)	931.0 (11.28)	793.0 (9.59)	Intencionalmen te se blanqueó menos en el de conos.
RENDIMIENTO TOTAL DE ARROZ BLANCO, Kg. (%)	5,504.5 (66.69)	5,463.0 (66.08)	
CASCARILLA, Kg. (%)	1,817.4 (22.02)	2,011.0 (24.32)	Se obtuvo por diferencia.

RENDIMIENTOS DEL MOLINO TRADICIONAL (DE CONOS) Y DEL MOLINO NEUCO III CON PALAY DEL LOTE 2, DE LA VARIEDAD MILAGRO FILIPINO.

FRACCION 6 PRODUCTO	MOLINO DE CONOS	MOLINO NEUCO	OBSERVACIONES
PALAY PROCESADO, Kg.	6,498.6	6,642.6	Se refiere al palay "sucio".
ARROZ BLANCO ENTERO, Kg. (%)	3,584.1 (55.23)	3,537.4 (53.25)	No se especi <u>f</u> ca el % como producto comer <u>ci</u> al.
3/4 DE GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	334.2 (5.15)	344.3 (5.18)	
MEDIO GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	150.1 (2.31)	272.3 (4.09)	
GRANILLO, Kg. (%)	225.1 (3.46)	58.1 (0.87)	
SALVADO, Kg. (%)	681.5 (10.50)	528.0 (7.94)	
RENDIMIENTO TOTAL DE ARROZ BLANCO, Kg. (%)	4,293.5 (66.17)	4,212.1 (63.41)	
CASCARILLA, Kg. (%)	1,512.9 (23.31)	1,899.8 (28.60)	Se obtuvo por diferencia.

RENDIMIENTOS DEL MOLINO TRADICIONAL (DE CONOS) Y DEL
MOLINO NEUCO II CON PALAY DEL LOTE 3, DE LA VARIEDAD
MILAGRO FILIPINO.

FRACCION ó PRODUCTO	MOLINO DE CONOS	MOLINO NEUCO	OBSERVACIONES
PALAY PROCESADO, Kg.	5,597.1	5,289.2	Se refiere al palay "sucio".
ARROZ BLANCO ENTERO, Kg. (%)	2,963.9 (52.95)	2,528.4 (47.80)	No se especi- fica el % como producto comer- cial.
3/4 DE GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	374.5 (6.69)	262.7 (4.96)	
MEDIO GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	262.3 (4.68)	414.1 (7.82)	
GRANILLO, Kg. (%)	(4.32)	(1.78)	
SALVADO, Kg. (%)	559.0 (9.98)	441.0 (8.33)	
RENDIMIENTO TOTAL DE ARROZ BLANCO, Kg. (%)	3,843.0 (68.66)	3,299.4 (62.37)	
GASCARILLA, Kg. (%)	1,195.1 (21.35)	1,557.8 (29.40)	Se obtuvo por diferencia.

RENDIMIENOS DEL MOLINO TRADICIONAL (DE CONOS) Y DEL
MOLINO NEUCO II CON PALAY DEL LOTE 4, DE LA VARIEDAD
MILAGRO FILIPINO.

FRACCION ó PRODUCTO	MOLINO DE CONOS	MOLINO NEUCO	OBSERVACIONES
PALAY PROCESADO, Kg.	6,080.1	7,251.1	Se refiere al palay "sucio".
ARROZ BLANCO ENTERO, Kg. (%)	3,223.4 (53.01)	3,884.0 (53.35)	No se especi- fica el % como producto comer- cial.
3/4 DE GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	416.2 (6.84)	594.6 (8.20)	
MEDIO GRANO DE BLANCO, Kg. (%)	219.1 (3.60)	364.4 (5.02)	
GRANILLO, Kg.	246.1 (4.04)	90.1 (1.24)	
SALVADO, Kg. (%)	583.8 (9.60)	616.5 (8.50)	
RENDIMIENTO TOTAL DE ARROZ BLANCO, Kg. (%)	4,104.8 (67.51)	4,933.1 (68.03)	
CASCARILLA, Kg. (%)	1,391.5 (22.88)	1,701.5 (23.46)	Se obtuvo por diferencia.

A P E N D I C E 2

Capacidades Observadas Durante la Operación
de Descascarado en los Molinos :
Tradicional y Nuevo II

En la siguiente tabla o cuadro se presentan las capacidades desarrolladas por las máquinas descascaradoras durante la operación de descascarado en el procesamiento de los 4 lotes de palay, y la relación en % entre dicha capacidad (actual) con la capacidad nominal que se presenta en el cuadro 8.

En el caso del molino Neuco II, se consideró la capacidad nominal (máxima) de 3 ton/hr de palay, por máquina; teniendo por tanto ambas descascaradoras una capacidad total nominal de 6 ton/hr de palay; en tanto que ésta capacidad en el molino tradicional, considerando las 4 máquinas - descascaradoras, es de 9 ton/hr de palay.

La baja capacidad que presentan las máquinas descascaradoras en relación a la capacidad nominal puede deberse en parte al alto efecto del retorno del palay no descascarado a dichas máquinas. Por otra parte, se presentan demoras usuales durante la operación en ambos molinos, lo que influye en el tiempo total de descascarado.

VIII. R E F E R E N C I A S
B I B L I O G R A F I C A S

1. ABBOTT, J.C., BARTER, P.G.H., KELLY, R.W., SPINKS, G.R., y ELLINGER, K.R. 1972. El Mercadeo del Arroz. Guías de Mercadeo No. 6. 231 pp. FAO, Roma, Italia.
2. ANONIMO. 1985. Arroz. Agro-Export, suplemento de la revista Ranchos y Fierros, vol. 7, No. 42. pp.27-34. México, D.F.
3. ANONIMO. Folleto informativo. Sistemas Actuales de Elaboración de Arroz.
4. ASHMAN, F. 1984. Técnicas de Inspección y Muestreo de Productos. Tropical Stored Products Centre, Ministry of Overseas Development. En Manejo de los Alimentos. Prevención de Pérdidas durante el Almacenamiento, vol. 3. (21) pp.435-53. Compilado por M. Jamieson y P. Jobber. Ed. Pax-México. México, D.F. Mayo.
5. ATEN, A., FAUNCE, A.D., RAY, L.R. 1955. Máquinaria para la Elaboración del Arroz. Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 27. Tipográfica Castaldi. FAO, Roma, Italia.
6. AUTREY, H.S., GRIGORIEFF, W.W., AITSCHUL, A.E., HOGAN, - J.T. 1955. Effects of Milling Conditions on Breakage - of Rice Grains. J. Agric. Food Chem., vol. 3, No. 7. p. 593. July.

Capacidades Observadas Durante la Operación de Descascarado en los Molinos : Tradicional y Neuco 11, y el % en Relación a las Capacidades Nominales.

Lote	MOLINO DE COMOS	MOLINO NEUCO
1	2,266 Kg/hr 25.18 %	2,526 Kg/hr 42.10 %
2	3,557 Kg/hr 39.52 %	4,137 Kg/hr 68.95 %
3	4,875 Kg/hr 54.17 %	3,711 Kg/hr 61.85 %
4	3,623 Kg/hr 40.26 %	4,246 Kg/hr 70.77 %

7. BAOXIN, H., SHUJIA, C. 1984. China's 7,000 year-old-crop. The Courier, UNESCO. pp.18-19. Paris, France. December.
8. BARBER, S., TREJO, M., JAIME, A., YEPES, C. 1985. Diagnóstico Experimental de la Molinería del Arroz Pa-lay en México. Conclusiones y Recomendaciones. Prime-ra Reunión Nacional de la Ind. Arroceras, Cd. de México, abril de 1984. FES/Cuautitlán/UNAM y Programa Universi-tario de Alimentos-UNAM. México.
9. BARBER, S. 1979. La Calidad del Grano de Arroz en los Programas de Mejora Vegetal. Trabajo presentado en el Simposio de Tecnología del Arroz, México, D.F., marzo - de 1979. Inst. de Agroquímica y Tecnología de Alimen-tos, Valencia, España.
10. BARBER, S. 1964. Grado de Elaboración del Arroz : Mé-todos de Control y Medida. En Arroz y Otros Cereales - por A. Casas, S. Barber, C. Calvo. Agroquímica y Tecno-logía de Alimentos, vol. 4, No. 3, pp.278-85. Departam-ento de Química Vegetal, Valencia, España.
11. BARKIN, D., SUAREZ, B. 1985. El Fin de la Autosufici-encia Alimentaria. pp.77-80, 137-8. Centro de Ecodesa-rrollo. Ed. Océano. México, D.F.
12. BECHTEL, D.B., POMERANZ, Y. 1980. The Rice Kernel. Advances in Cereal Science & Technology, vol. 3. Chap. 3.
13. BEHNERA, A.K., OJHA, T.P. 1978. Effect of Milling and Its Utilization Level on Cost of Processing in Modern -

- Rice-Mills a Case-Study in Assam and Orissa. Reporter. Rice Process Engineering Centre, IIT. Kharagpur, India.
14. BORASIO, L., GARIBOLDI, F. 1957. Glosario Ilustrado - de Máquinas para la Elaboración del Arroz. FAO, Roma, Italia.
 15. BRENNAN, J.G., BUTTERS, J.R., COWELL, N.D., LILLY, A.E. V. 1980. Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. pp.16-84, 478-511. Trad. J. Alemán V. Ed. Acribia. 2^a ed. Zaragoza, España.
 16. CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL. 1984. El Arroz : Estudio de algunos Mercados del Oriente Medio. Gobierno de Dinamarca/UNCTAD/GATT. Ginebra, Suiza.
 17. CENTRO DE DOCUMENTACION. 1970. Elaboración Industrial del Arroz. Industria Alimenticia 2/4. pp.3-23. Ministerio de la Industria Alimenticia, Cuba.
 18. COMUNICACION PERSONAL. 1987. Proyecto de Diagnóstico Experimental de la Molinería del Arroz Palay en México, 1980-1983. Patrocinado por CONACYT/FES-Cuautitlán-UNAM e IATA de Valencia, España.
 19. COORDINACION GENERAL DE DESARROLLO AGROINDUSTRIAL. 1982. El Desarrollo Agroindustrial y los Sistemas Alimentarios Básicos, Arroz. Documentos técnicos para el Desarrollo Agroindustrial No. 5. SARH. México.
 20. CORBETT, G.G., MCFARLANE, J.A. 1984. Selección y Diseño de Construcciones para Almacenamiento de Alimentos. Idem. ref. 4. pp.395-409.

21. CHANDLER, R.F. Jr. 1979. Rice in the Tropics : a Guide to the Development of National Programs. pp.9-21, - 65-90. Westview Press, Boulder, Colorado. U.S.A.
22. DE DATTA, S.K. 1986. Producción de Arroz, Fundamentos y Prácticas. pp.175-224, 257-65, 573-607. Trad. M. -- Guzmán. Ed. Linusa, S.A. 1^a ed. México, D.F.
23. DIRECCION DE ESTUDIOS, INFORMACION Y ESTADISTICA SECTORIAL. 1984. Año Agrícola 1984. SARH. México.
24. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA (DGEA). 1985. Resultados de los Cultivos Principales. Planeación-SARH. México.
25. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA (DGEA). 1983. Econotecnica Agrícola, vol. 3, No. 9. SARH. México.
26. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA (DGEA). 1982-83. Agenda Agropecuaria. SARH. México.
27. DIRECCION GENERAL DE ECONOMIA AGRICOLA (DGEA). 1982. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los - E.U. Mexicanos. SARH. México.
28. DIRECCION GENERAL DE NORMAS (DGN). 1982. Productos - Alimenticios no Industrializados para Uso Humano-Cereales-Arroz Pulido (Oryza sativa) Especificaciones. Norma Oficial Mexicana, NOM-FF-35-1982. Sria. de Patrimonio y Fomento Industrial. México, D.F.
29. DIXON, W., MASSEY, F.J. 1980. Introducción al Análisis Estadístico. pp.436-38 (Tabla A-18). Mc.Graw-Hill.
30. ESMAY, H., SOEMANGAT, ERIYATNO, PHILLIPS, A. 1979. Rice Post-Production Technology in the Tropics. 140 pp.

Published for The East-West Center Book by The University Press of Hawaii, Honolulu.

31. FAO (Food and Agriculture Organization). 1974. Rice - Terminology. 82 pp. Terminology bulletin No. 26. Roma, Italia.
32. FAO (Food and Agriculture Organization). 1969. Rice - Milling in Developing Countries : Case Studies and Some Aspects of Economic Policies, 45 Commodity Bulletin Series. Roma, Italia.
33. GARIBOLDI, F. 1981. Rice Milling Equipment-Operation and Maintenance. 95 pp. FAO Agricultural Services Bulletin No. 22. 2^a imp. de la 1^a en 1974. FAO, Roma, Italia.
34. GARIBOLDI, F.E. 1974. El Sancochada del Arroz. pp.1-8, 19-34. Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 97. FAO, Roma, Italia.
35. GARIBOLDI, F.M. 1972. Problemas de la Elaboración. Reunión de Expertos en la Mecanización de la Producción y la Elaboración del Arroz. Paramaribo, Surinam, Septiembre de 1971. Informe de la V Reunión, pp.163-66. FAO, Roma, Italia.
36. GRIST, D.H. Arroz. pp.29-45,101-55,199-236,247-8, 271-4,491-587. Trad. A.M. Ambrosio. 1^a ed. de la 5^a en inglés. Ed. Cecsa. México, D.F. Oct.
37. HARRIS, A.H. 1984. Fumigación. Idem ref. 4, pp.499-517.

38. HERNANDEZ, A.L. 1986. Programa de Investigación de -- Arroz en México con Énfasis para Condiciones de Tempo-- ral. Instituto de Investigaciones Forestales y Agrope-- cuarias, SARH. Campeche, Camp., México. 25 de Julio.
39. HERNANDEZ, A.L., ARMENTA, S.J.L., NIEVES, A.T. 1975. La Calidad del Arroz. Circular CIAS No. 29. 4^a ed. Centro de Investigaciones Agrícolas de Sinaloa, Institu to de Investigaciones Agrícolas, SAG. México. Agosto.
40. HOGAN, J.T. 1985. Arroz y sus Subproductos. En Ele-- mentos de Tecnología de Alimentos. pp.166-175. Compil-- lado por N.W. Desrosier. Trad. Sangines de S.,C. Ed. Cecsa. 3^a imp. México, D.F. Mayo.
41. HUYSMANS, A.A.C. 1972. Problemas Post-Recolección. Idem ref. 35.
42. INFORMACION PERSONAL. 1983. Apurtes de Tecnología de Alimentos 1 : Cereales. Curso del prof. E. Trejo B. Facultad de Estudios Superiores-Guautitlán-UNAM. México. Mayo/Dic.
43. McFARLANE, J.A., FORLEY, G.E. 1984. Buenas Prácticas de Almacenamiento. Idem ref. 4, pp.411-34.
44. MARTINEZ, E.P. 1966. La Clasificación y Separación -- por Medio de Discos con Alvéolos en el Molino de Arroz. Revista Arroz, Colombia.
45. MARTINEZ, E.P. 1966. La Clasificación y Separación -- por Medio de Cilindros con Alvéolos en el Molino de -- Cilindros con Alvéolos en el Molino de Arroz. Idem ref. 44.

46. MATTHEWS, J., ABADIE, T.J., DEOBALD, H.J., FREEMAN, C. C. 1970. Relation Between Head Rice Yields and Defective Kernels in Rough Rice. The Rice J. 73(1). pp. 6-12. October.
47. MELENDEZ, P.; R. 1986. Caracterización Preliminar de Gérmén de Arroz en Variedades Morelos A-70, Navolato -- A-71, Culiacán A-82 y Jojutla X Nailand y Desarrollo de Metodología y Equipo de Laboratorio para la Separación y Purificación de Germen en Salvado Comercial. Tesis - Profesional. pp.167-85. FES-Cuautitlán-UNAM. Cuautitlán Izcalli, México.
48. MENDEHALL, W. 1982. Introducción a la Probabilidad y Estadística. pp.289-381, 441-55. Wadsworth International/Iberoamérica. Impreso en E.E.U.U.
49. MEYER, M.R., PALTRINIERI, G., USAMI, C.O., MEDINA, J.F. 1985. Control de Calidad de Productos Agropecuarios. pp.9-10, 29-32. Manuales para Educación Agropecuaria - 33. Ed. Sep/Trillas. 4^a reimp. México, D.F. Oct.
50. O'KELLY, E., FORSTER, R.H. 1983. La elaboración y Almacenamiento de los Cereales por las Familias Rurales. 136 pp. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO No. 53. Roma, Italia.
51. PALMER, H.H. 1982. Sensory Methods in Food-Quality -- Assessment. pp.727-38. In Food Theory and Applications. P. Paul and H. Palmer, editors. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.
52. PEARSON, D. 1976. Técnicas de Laboratorio para el Anál

- lisis de Alimentos. pp.13-41. Trad. C. Romero. Ed. - Acribia, Zaragoza, España.
53. PEAR, ENGINEERING, INC. 1966. Pulidora de Cilindro o Maza de Acero versus Pulidora de Cono de Piedra. ¿Cuál Proceso es mejor para Pulir el Arroz?. Pearn Engineering Inc., Hialeah, Florida 3302, U.S.A. Idem ref. 44.
54. PRIMO, E.Y., BARBER, S. 1976. Química y Tecnología -- del Arroz. Revista de Investigación y Ciencia No. 2. pp.156-66. Ed. Prensa Científica, S.A. Barcelona, España. Nov.
55. SATAKE, ENGINEERING CO., LTD. 1974. Management of Rice Milling by Milling Data Sheet. (Two parts). Text - book. Japan Rice Millers. Japón.
56. SIDHU SINGH, J., GILL SINGH, M., BAINS SINGH, G. 1975. Milling of Paddy in Relation to Yield and Quality of Rice of Different Indian Varieties. J. Agric. Food Chem., vol. 23, No. 6, pp.1183-85. Punjab, India.
57. SPADARO, J.J., MATTHEWS, J., WADSWORTH, J.L. 1980. - Milling. In Rice : Production & Utilization. pp.360--402. B.S. Luh, editor. The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn., U.S.A.
58. STOUT, B.A. 1966. Equipment for Rice Production. FAO Agricultural Development Paper No. 84. FAO, Roma, Italia.
59. SWAMINATHAN, S.M. 1984. The Miracle of Rice. Idem -- ref. 7, pp. 4-8.
60. TEMMINCK, W.A. 1972. Experiencias hechas en la Elabo-

ración de Grano Extralargo. Idem ref. 35.

61. VALIENTE, B., A. 1986. Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria. pp.77-80. Ed. Limusa, S.A. de C.V. 1^a ed. México, D.F.
62. VO-TONG, X., ROSS, V.E. 1972. A Training Manual for Rice Production. Harvesting and Processing. pp.120-39. The International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas.
63. WALFOLE, R.E., MYERS, R.H. 1987. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. pp.537-60. Ed. Interamericana, S.A. de C.V. México, D.F.
64. WIMBERLY, J.E. 1972. Métodos de Almacenamiento. Idem ref. 35.