

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**“PROPUESTA DEL DISEÑO PARA EL
ESCALAMIENTO A PLANTA INDUSTRIAL,
PARTIENDO DE UNA PLANTA PILOTO, PARA EL
PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ”**

PRESENTADO POR:

GIOVANNI ADONAY MAGAÑA CORTEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

OSCAR MARCELINO SIBRIAN MONGE

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO DE ALIMENTOS

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ

SECRETARIO GENERAL :

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR :

ING. FERNANDO TEODORO RAMÍREZ ZELAYA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO E INGENIERO DE ALIMENTOS

Título :

**“PROPUESTA DEL DISEÑO PARA EL
ESCALAMIENTO A PLANTA INDUSTRIAL,
PARTIENDO DE UNA PLANTA PILOTO, PARA EL
PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ”**

Presentado por :

GIOVANNI ADONAI MAGAÑA CORTEZ

OSCAR MARCELINO SIBRIAN MONGE

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

LICDA. XOCHIL MARIA GODOY DE VILLATORO

ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMAN

INGRA. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

San Salvador, Noviembre de 2008.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

LICDA. XOCHIL MARIA GODOY DE VILLATORO

ING. JUAN RODOLFO RAMÍREZ GUZMAN

INGRA. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso que me ha dado la vida y la oportunidad de realizar este trabajo y a mi madre Ana Lilian Cortez, por su apoyo incondicional para conmigo en todas las etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que es el dador de la vida, a mi madre y mis hermanos con quienes compartimos alegrías y tristezas, a mis maestros que a lo largo de la carrera han sido ejemplos vivos para mi formación; aquellos que más que facilitadores son amigos, a mis compañeros de clase con quienes he compartido tantas experiencias, aprendiendo a ayudar y trabajar en equipo; a todos y cada uno de los involucrados en esta gran familia, la Universidad de El Salvador, a los que trabajan por hacer de esta Universidad un mejor lugar para seguir aprendiendo; a mis amigos de la iglesia que me han inspirado dándome fuerzas espirituales; a mis compañeros de trabajo.

Porque de tal manera amó Dios al mundo, que ha dado a su Hijo unigénito, para que todo aquel que en él cree, no se pierda, sino tenga vida eterna. Jn. 3:16

Giovanni

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme dado la oportunidad de terminar una etapa mas de mi vida. A mis padres: Rosa Morena Monge de Sibrian y Marcelino Sibrian Orellana, por todo el apoyo no solo en el transcurso de mi carrera universitaria, sino en toda mi vida, a mis hermanos: Arely, Norma, Freddy, por supuesto a mis sobrinitos Leslie, Bryan y Ariane por haber estado en esos momentos de mayor stress de mi carrera.

Agradecimientos

A mis asesores Lic. Xochil, Ing. Rico, Ing. Juan, Lic. Galileo, no solamente por el asesoramiento del trabajo de graduación si no también por la confianza que siempre tuvieron en mi en especial la lic. Xochil, a la Ingeniero Rico por todas las correcciones Constructivas, y al ingeniero Juan por la confianza que siempre tuvo en nosotros para la realización de este trabajo, y por supuesto por toda la enseñanza académica que nos brindaron. A SIEMPREAGRO de la Facultad de Economía de Universidad de El Salvador, Cooperativa de Regantes de Atiocoyo Norte.

A los Docentes que de alguna forma estuvieron involucrados en la formación de mi carrera: Ing. Gamero, Lic de Ruiz, Ing. De Flamenco, Ing. Teo, Ing. Arévalo. Ing Tania. A todos ellos muchas gracias. Como también a los docentes y personal que forman la escuela de ingeniería química e ingeniería de alimentos: Ing. Sara, Ing.Lainez, Ing. Haydee, Ing. Beatriz, Lic Maltez, Don Alex, Don Morán, Lupita, etc.

A mis amigos que me acompañaron a lo largo de la Carrera:

Ponce, Cardona, Raúl, Irvin, Giovanni, Edwin, Cristian, Ale Turcios, Sofi, Tamara, Jazmín, Marilyn, Silvia, Aura, Astrid, Iris, Mendoza, Tita, Karen, Krissia, Karina, etc. A Todos ellos Gracias por brindarme su amistad en todos estos años aquí en la mejor Universidad de El Salvador. Y por supuesto en la mejor carrera de la cual me siento Orgulloso de haber realizado mis estudios universitarios en Ingeniería de Alimentos de la Escuela de Ingeniería Química de El Salvador.

Y a la UES Gracias por todo.....

Me despido de todos con la siguiente reflexión

El Campesino y el Burro

Un día, el burro de un campesino se cayó en un pozo.

El animal lloró fuertemente durante horas, mientras el campesino trataba de buscar algo que hacer.

Finalmente, el campesino decidió que el burro ya estaba viejo, el pozo estaba seco y necesita ser tapado de todas formas; que realmente no valía la pena sacar al burro del pozo.

Invitó a todos sus vecinos para que vinieran a ayudarlo, cada uno agarró una pala y empezaron a tirarle tierra al pozo.

El burro se dió cuenta de lo que estaba pasando y lloró horriblemente.

Luego, para sorpresa de todos, se calmó después de unas cuantas paladas de tierra.

El campesino miro al fondo del pozo y se sorprendió de lo que vió, con cada palada de tierra, el burro estaba haciendo algo increíble: se sacudía la tierra y daba un paso encima de la tierra.

Muy pronto todo mundo vió sorprendido como el burro llego hasta la boca del pozo, paso por encima del borde y salió trotando.....

“ La vida va a tirarte tierra, todo tipo de tierra.....

*El truco para salir del pozo es sacudírtela y usarla para dar un paso hacia arriba.
Cada uno de nuestros problemas es un escalón hacia arriba.
Podemos salir de los mas profundos huecos si no nos damos por vencidos.....
Usa la tierra que te echan para salir adelante.”*

EN ESTA VIDA HAY QUE SER SOLUCION, NO PROBLEMA

Oscar .M

RESUMEN

El arroz en El Salvador es uno de los cereales con mayor demanda, por ser éste parte de la dieta de la mayoría de los salvadoreños, la producción de éste en El Salvador alcanza alrededor del 40% de su demanda, el resto de Arroz es importado. Todos los beneficios de arroz del país tienen el derecho de importar 4 quintales por cada quintal comprado en El Salvador (Morales, 2008). Hoy en día con la crisis alimentaria los precios del arroz granza en el extranjero se han duplicado con respecto a los precios promedios que se venden en El Salvador. Por tal razón la demanda en el país de este grano va en aumento, proyectando así una mayor producción en el futuro por los agricultores.

En El Salvador los mayores rendimientos de producción de arroz se han registrado en zonas en donde el tipo de siembra se realiza con regadíos como es el caso de Atiocoyo Norte y Sur del departamento de Chalatenango. Por la simple razón de la disponibilidad de agua en toda época del año, actualmente en estas zonas de cultivo sólo se dedican a su cultivo y no a su procesamiento.

En este documentos se presentan las diferentes características del grano y de su cultivo, además se describe el procesamiento para obtener arroz precocido y arroz blanco. Se realizó un análisis de curvas de secado solar y en estufa. Además se evaluaron las características de masa partículas del arroz granza, con el fin de determinar algunas características propias del flujo de masa de partículas del arroz, para su manejo a lo largo del proceso; se determinó que el arroz es de alta fluidibilidad. Se realizaron los balances de masa para una base de procesamiento de 3.5 Tm./h de arroz granza al 21% de humedad para una capacidad de procesamiento de 48.5 Tm./día. Se realizaron los cálculos de capacidades de equipos y distribución en planta. Con lo que la planta proyectada tendría una capacidad de producir 31.1122 Tm./día para 14 horas de trabajo, entre arroz blanco pulido y arroz precocido.

INDICE GENERAL.

	Pag
INTRODUCCION.....	i.
CAPITULO 1.	
CULTIVO Y PROCESAMIENTO DEL ARROZ.....	1
1.1 CULTIVO DEL ARROZ.....	1
1.1.1 HISTORIA.....	1
1.1.2 MORFOLOGIA Y TAXONOMIA.....	2
1.1.3 VARIETADES DE ARROZ.....	3
1.1.4 CLASES DE CULTIVO.....	6
1.1.5 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS.....	7
1.1.6 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO.....	9
1.1.7 MEJORA GENETICA.....	14
1.1.8 IMPORTANCIA ECONOMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA.....	14
1.1.9 MERCADO MUNDIAL DEL ARROZ.....	17
1.1.10 COMERCIO.....	17
1.2 COMPOSICION QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ.....	18
1.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ARROZ.....	18
1.2.2 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL ARROZ.....	24
1.3 CODICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA EL ARROZ GRANZA.....	25
1.3.1 MANEJO DEL PRODUCTO.....	28
1.3.2 LIMPIEZA Y CLASIFICACION.....	29
1.3.3 SECADO DE GRANOS.....	36
1.3.4 TEORIA DE SECADO.....	40
1.3.5 CONTROL DE PLAGAS.....	44
1.3.6 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO.....	46
1.3.7 RECEPCION DE ARROZ GRANZA PARA ALMACENAMIENTO.....	50
1.3.8 INSPECCIONES PERIÓDICAS DEL ARROZ GRANZA ALMACENADO....	53
1.4 PROPIEDADES DE MASA DE PARTICULAS.....	53
1.4.1 PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ARROZ.....	54
1.4.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL ARROZ.....	55
1.4.3 DEFINICIONES Y CALCULO DE DENSIDADES DE MASA DE PARTICULAS.....	55
1.4.4 DETERMINACION DE LA FLUIDIBILIDAD O FLUIDEZ.....	56
1.5 PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ.....	58
1.5.1 ARROZ PRECOCIDO.....	58
1.5.2 ETAPAS DEL PROCESO PARA PRECOCIDO DE ARROZ.....	59
1.5.3 BENEFICIADO DEL ARROZ GRANZA.....	61
1.5.4 CARACTERÍSTICAS DEL ARROZ PRECOCIDO.....	64
1.6 ESCALAMIENTO DE PLANTA PILOTO A PLANTA INDUSTRIAL.....	68
1.6.1 DESCRIPCION DE EQUIPOS DE PLANTA PILOTO.....	68
1.6.2 BENEFICIADO DE ARROZ A NIVEL INDUSTRIAL.....	70

CAPITULO 2

DESARROLLO EXPERIMENTAL DEL PROYECTO	73
2.1 DETERMINACION DE PROPIEDADES DE MASA DE PARTICULAS.....	73
2.1.1 DENSIDAD DEL ARROZ GRANZA Y DEL ARROZ BLANCO.....	73
2.1.2 DETERMINACION DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD DEL ARROZ.....	75
2.2 DETERMINACION DE LA HUMEDAD Y CURVAS DE SECADO PARA ARROZ GRANZA.....	80
2.2.1 DETERMINACION DE LA CURVA DE SECADO PARA EL ARROZ GRANZA.....	81
2.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE SECADO DEL ARROZ GRANZA.....	84
2.3 OPERACIONES UNITARIAS REALIZADAS AL ARROZ GRANZA PREVIO A SU PROCESAMIENTO.....	85
2.4 PRUEBAS DE CALIDAD QUE SE REALIZAN AL ARROZ GRANZA.....	87
2.4.1 DETERMINACION DE IMPUREZAS.....	87
2.4.2 DETERMINACION DE LA HUMEDAD DEL ARROZ GRAZA.....	89
2.4.3 DESCASCARILLADO DE ARROZ GRANZA.....	91
2.4.4 DETERMINACION DE RENDIMIENTO DE ARROZ PULIDO/ ARROZ GRANZA.....	92
2.4.5 DETERMINACION DE RENDIMIENTO DE ARROZ ENTERO / ARROZ QUEBRADO.....	94
2.4.6 DETERMINACION DE ARROZ ROJO Y ARROZ YESO.....	96

CAPITULO 3.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES	97
3.1 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE MASA DE PARTICULAS PARA EL ARROZ GRANZA.....	97
3.1.1 DENSIDAD DE MASA DE PARTICULAS.....	97
3.1.2 EVALUACION DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD PARA EL ARROZ GRANZA.....	98
3.1.3 DISPERSIBILIDAD DEL ARROZ GRANZA.....	99
3.2 HUMEDAD Y CURVAS DE SECADO.....	99
3.2.1 DETERMINACION DE CURVAS DE SECADO.....	101
3.3 PRUEBAS DE CALIDAD Y RENDIMIENTOS PARA EL ARROZ GRANZA.....	106

CAPITULO 4.

DISEÑO DE LA PLANTA	108
4.1 ESTIMACION DE VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN.....	108
4.2 BALANCES DE MATERIA.....	109
4.2.1 BALANCE EN EL SECADOR (ARROZ GRANZA).....	110
4.2.2 BALANCE EN PRECOCIDO DE ARROZ GRANZA.....	112
4.2.3 BALANCE EN EL PROCESO DE SECADO DE ARROZ GRANZA PRECOCIDO.....	113
4.2.4 BALANCE EN EL PRELIMPIADOR (CLEPPER) Y EN EL DESCASCARILLADOR.....	114
4.2.5 BALANCE EN EL PULIDOR (ARROZ BLANCO).....	116
4.2.6 BALANCE EN EL CLASIFICADOR.....	118
4.3 PROPUESTA DE LA PLANTA DE PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ....	121
4.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO.....	121

4.3.2	DIAGRAMA DE EQUIPOS.....	124
4.3.3	PROPUESTA PARA LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	130
CAPITULO 5.		
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS EN EL PROCESO DE BENEFICIADO DE ARROZ.....		132
5.1	PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS.....	133
CAPITULO 6		
OBSERVACIONES.....		135
CAPITULO 7		
CONCLUSIONES.....		136
CAPITULO 8		
RECOMENDACIONES.....		138
CAPITULO 9		
REFERENCIAS.....		139
8.1	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	139
8.2	REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	141
ANEXOS		
ANEXO A: ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL SALVADOR.....		145
ANEXO B: RANGOS PARA LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD DE SÓLIDOS SECOS.....		149
ANEXO C: COMPOSTADO.....		151
ANEXO D: PROCEDIMIENTO PARA HACER BOKASHI.....		170
ANEXO E: COTIZACIÓN DE EQUIPOS DE UN BENEFICIADO DE ARROZ.....		179
ANEXO F: PLANTAS INDUSTRIALES.....		188
ANEXO G: FICHAS SANITARIAS PARA EL CONTROL Y AUTORIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTOS.....		201
ANEXO H: CARTA PSICROMÉTRICA.....		215
ANEXO I: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN CASCADA.....		216

INDICE DE FIGURAS.

	Pag.
Figura 1.1 Partes del Cariópside de arroz.....	3
Figura 1.2 Diferentes tipos de transportadores para materiales particulados.....	28
Figura 1.3 Descripción de operaciones de separación por tamaño de los granos.....	30
Figura 1.4 Descripción de operaciones de separación por forma de los granos.....	31
Figura 1.5 Descripción de operaciones de separación por forma de los granos.....	32
Figura 1.6 Descripción de operaciones de separación por diferencias en peso específico de los granos.....	33
Figura 1.7 Descripción de operaciones de separación por diferencias de elasticidad de los granos.....	34
Figura 1.8 Descripción de operaciones de separación por combinación de propiedades diferentes en la mezcla de granos.....	35
Figura 1.9 Secador discontinuo por convención forzada y calentamiento eléctrico.....	36
Figura 1.10 Secador tipo silo, por convención forzada.....	37
Figura 1.11 Secador continuo de aire a temperatura ambiente.....	38
Figura 1.12 Secador continuo con enfriamiento de los granos secos.....	39
Figura 1.13 Configuración de un secador con quemador.....	42
Figura 1.14 Configuración de un secador de banda.....	42
Figura 1.15 Configuración de un secador de túnel.....	43
Figura 1.16 Secador de banda con flujo transversal.....	43
Figura 1.17 Diferentes formas de incorporación de los insecticidas en material a granel.....	45
Figura 1.18 Almacenamiento de los granos a la intemperie.....	46
Figura 1.19 Almacenamiento de los granos bajo cobertizo.....	47
Figura 1.20 Bodegas para el almacenamiento de granos.....	48
Figura 1.21 Silos metálicos para almacenaje de materiales a granel.....	49
Figura 1.22 Sistema de recepción, limpieza y almacenamiento de arroz granza.....	51
Figura 1.23 Recirculación de los granos del silo de reposo hacia el secador.....	52
Figura 1.24 Proceso a escala industrial del beneficiado de arroz.....	70
Figura 2.1 Angulo de Fricción – Presión en la Base de la Columna.....	77
Figura 2.2 Cambios de Presión vrs Altura crítica de la columna.....	79
Figura 2.3 Estufa utilizada para el secado del arroz granza.....	82
Figura 2.4 Secador solar de convención natural.....	83
Figura 2.5 Diagrama de bloques para el secado de arroz granza usando aire caliente en secador solar.....	84
Figura 2.6 Diagrama de Bloques para el Beneficiado de Arroz a nivel de Planta Piloto.....	86
Figura 2.7 Esquema para el proceso de prelimpieza para el arroz granza....	88

INDICE DE FIGURAS.

	Pag
Figura 2.8	Fotografía de un prelimpiador clipper..... 89
Figura 2.9	Medidor de Humedad Motomco..... 89
Figura 2.10	Diagrama de decisión para el proceso de medición de la humedad del arroz granza..... 90
Figura 2.11	Diagrama del proceso de descascarillado del arroz granza..... 91
Figura 2.12	Descascarillador de arroz granza..... 92
Figura 2.13	Diagrama del Proceso de Pulido para la Elaboración e Arroz Blanco..... 93
Figura 2.14	Equipo utilizado para obtener arroz pulido..... 94
Figura 2.15	Clasificador cilíndrico para granos..... 95
Figura 2.16	Diagrama del proceso de clasificación para el arroz blanco..... 95
Figura 3.1	Curva de Secado, Muestra el porcentaje de Humedad Perdida.... 100
Figura 3.2	Curva de Secado Elaborada Usando Estufa de secado directo..... 103
Figura 3.3	Curva de secado haciendo uso de secado con aire caliente, en secador solar de convención natural..... 104
Figura 3.4	Comparación entre curvas de secado..... 104
Figura 4.1	Balance en el secador para arroz granza..... 110
Figura 4.2	Balance en el tanque de remojo y autoclave..... 112
Figura 4.3	Balance en el proceso de secado para arroz granza precocido.... 113
Figura 4.4	Balance en el prelimpiador para el beneficiado de arroz granza..... 114
Figura 4.5	Balance en el descascarillador para obtener arroz integral partiendo de arroz granza..... 115
Figura 4.6.a	Balance en el pulidor para obtener arroz pulido partiendo de arroz integral precocido..... 116
Figura 4.6.b	Balance en el pulidor para obtener arroz pulido partiendo de arroz integral..... 117
Figura 4.7	Balance en el clasificador para obtener arroz entero y partido por separado partiendo de arroz pulido..... 118
Figura 4.8	Diagrama de flujo de proceso para el precocido de arroz granza..... 122
Figura 4.9	Diagrama de flujo de proceso para el beneficiado de arroz granza..... 123
Figura 4.10	Propuesta de distribución de equipos para el precocido de arroz granza..... 125
Figura 4.11	Propuesta de distribución de equipos para el beneficiado de arroz granza..... 126
Figura 4.11	Propuesta de distribución en planta para los procesos de beneficiado y precocido de arroz..... 128
Figura 4.12	Propuesta de distribución en planta para los procesos de beneficiado y precocido de arroz para la Asociación de Regantes de Atiocoyo Norte, Chalatenango, El Salvador..... 131

INDICE DE CUADROS.

	Pag.
Cuadro 1.1	Métodos de siembra de arroz de acuerdo al tipo de cultivo..... 10
Cuadro 1.2	Producción y Rendimientos de Arroz a nivel mundial. Datos de Producción anual..... 15
Cuadro 1.3	Superficie, Producción y Rendimiento de Arroz Según Región, Departamento y Cosecha en El Salvador 2006-2007..... 16
Cuadro 1.4	Composición Química del arroz..... 23
Cuadro 2.1	Densidad de Masa Aireada del Arroz Granza Seco..... 74
Cuadro 2.2	Densidad de Masa Empacada de Arroz Granza..... 75
Cuadro 2.3	Densidad de Masa Aireada del Arroz Blanco..... 75
Cuadro 2.4	Densidad de Masa Empacada de Arroz Blanco..... 75
Cuadro 2.5	Presión en la Base de una Columna de arroz..... 78
Cuadro 2.6	Resultados del ensayo para la medición de la dispersibilidad..... 80
Cuadro 2.7	Determinación de la Humedad del Arroz Granza..... 81
Cuadro 2.8	Resultados obtenidos para el proceso de secado del arroz granza..... 84
Cuadro 3.1	Densidad de masa de partículas para el Arroz Granza y Arroz Blanco..... 98
Cuadro 3.1.a	Evaluación del grado de fluidibilidad para arroz granza 98
Cuadro 3.2	Determinación de la humedad del Arroz Granza..... 100
Cuadro 3.3	Resultados y Humedad del Arroz en Diferentes Tiempos..... 103
Cuadro 4.1	Calculo de volúmenes de producción para arroz granza..... 109
Cuadro 4.2	Resumen de parámetros para utilizar en balances de masa..... 109
Cuadro 4.3.a	Resumen de balances de masa para el proceso de precocido de arroz granza..... 119
Cuadro 4.3.b	Resumen de balances de masa para el proceso de beneficiado de arroz granza..... 120
Cuadro 4.4	Nomenclatura y capacidades de los equipos para el beneficiado de arroz granza..... 127
Cuadro 4.5	Nomenclatura y capacidades de los equipos para el precocido de arroz granza..... 129
Cuadro 5.1	Análisis de Residuos Generados en el Proceso de Beneficiado de Arroz..... 132

INTRODUCCION

El arroz es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial siendo éste el segundo de mayor demanda después del trigo, en El Salvador la superficie cultivada para el año 2007 para este cereal fué de 5992 Mz por año, aunque la tendencia por los altos precios en el mercado internacional indican que la producción seguirá en aumento.

El arroz por su naturaleza para ser consumido necesita ser sometidos a una numerosa serie de operaciones, con el fin de eliminar todas las partes no digeribles por el ser humano, como lo son: todas las impurezas que el grano de arroz trae consigo desde el campo, la cascarilla que recubre el grano y el pulimento (éste último es digerible por el hombre); para realizar todas estas operaciones se necesita una serie de equipos, que en conjunto es denominado como molino de arroz, o comúnmente conocido como beneficio de arroz. Normalmente en un beneficio de arroz se pueden obtener como promedio un rendimiento de arroz pulido / arroz granza de hasta 72% partiendo de arroz granza con una humedad de 12% que es la óptima para su posterior beneficiado.

En el precocido los rendimientos tienden a aumentar por la dureza que el grano de arroz alcanza después de la gelatinización, logrando hasta un 99% de rendimiento.

Pero como se sabe todo proceso genera desperdicios, el cual en el precocido y beneficiado de arroz no es la excepción, se realizó un análisis de desperdicios en todo el proceso de beneficiado de arroz, se menciona algunas alternativas para su uso viendo la disposición que éste puede tener en los sectores de Atiocoyo Norte, ayudando así a mantener un sistema de producción sostenible para todo el sector. Proponiendo de ésta manera procesos innovadores para el procesamiento y alternativas de todos los desperdicios como lo es la producción de Bokashi EM (utilizando Microorganismos Eficaces como inoculante) a nivel industrial. Además se menciona en anexo G toda la normativa exigida por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador, para el diseño de plantas procesadoras de alimentos, para el otorgamiento del permiso de funcionamiento.

1. CULTIVO Y PROCESAMIENTO DEL ARROZ

1.1 CULTIVO DEL ARROZ

El cultivo del arroz en El Salvador, es uno de los más importantes rubros para el país con una superficie cultivada de 5992 Mz. El entorno económico del mercado ha cambiado. según Morales(2008) plantea desde su perspectiva, el panorama desde el cual debe contemplarse el mercado del arroz a nivel nacional, así como el de los demás granos básicos; por ejemplo, la situación actual del TLC (Tratado de Libre Comercio) es inesperada, lo que se esperaba era que el TLC hundiera la agricultura nacional con la importación masiva de productos agrícolas, sin aranceles, pero debido a la reciente crisis mundial, el arroz está tan caro en Los Estados Unidos que les han sido quitados los subsidios a los productores de arroz, tal situación ha encarecido el grano para la importación nacional, esto aunado al encarecimiento de los combustibles que afecta directamente a las importaciones, llegando a obligar a los empresarios de los molinos, que eran negativos a cultivar arroz, a hacerlo.

El cambio radical que se está dando es la incentivación de la producción nacional, se espera que las importaciones cambien un 5% anualmente de arroz granza a arroz oro, (arroz pulido); mientras los molinos (plantas para el beneficiado de arroz), buscan mercados diferentes al estadounidense para poder importar arroz granza.

1.1.1 HISTORIA (UNC, 2003.)

El arroz es uno de los cereales que se cultivan desde la antigüedad. El más lejano testimonio que se tiene corresponde al año 2800 a.C. en que un emperador chino estableció un rito ceremonial para la plantación del arroz. En el año 1000 a.C. era conocido en la India y hacia 400 años a.C. en Egipto. En la Edad Media, el arroz es introducido en el sur de Europa con la invasión de los moros, en España, no se conoce la época en la que se introdujo, aunque los musulmanes lo cultivaron con éxito durante el tiempo de ocupación de la Península en Sevilla, Córdoba, Granada, Murcia, Alicante y Tarragona. En Europa, se cultiva también en Grecia, Turquía, Rumania, Hungría e Italia, si bien la producción es insuficiente para el consumo, lo que ha obligado a importarlo en su mayor parte. En América llega con los

conquistadores; se cree que en 1694 fue cuando el capitán de un barco entregó unas semillas al gobernador de Charlestown, en pago por la reparación de su barco. En el siglo XVIII se cultiva el arroz en el sur de los Estados Unidos, el llamado arroz Carolina.

1.1.2. MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA (Franquet y Borrás, 2004)

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* de las gramíneas. Posee las siguientes características:

- **Raíces:** las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales.
- **Tallo:** el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm. de longitud
- **Hojas:** las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos.
- **Flores:** son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración.
- **Inflorescencia:** es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemmas estériles, la raquilla y el flósculo.
- **Grano:** el grano de arroz es el ovario maduro. El grano descascarado de arroz (cariósido) con el pericarpio pardusco se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el arroz rojo.

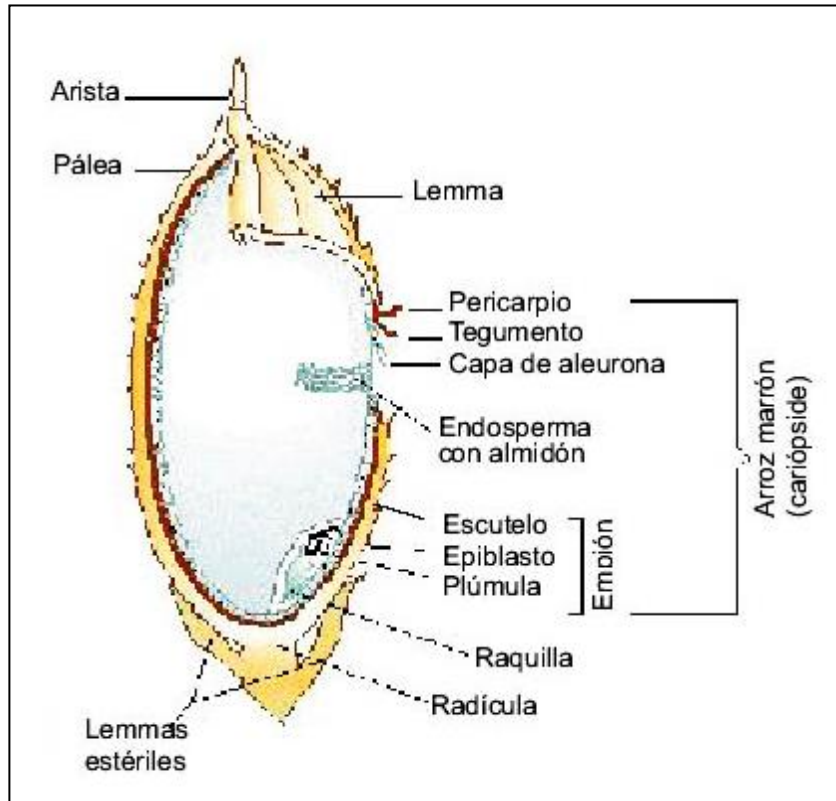


Fig. 1.1 Partes del Cariósido de arroz (grano o semilla)

1.1.3 VARIEDADES DE ARROZ (UNC, 2003)

En la búsqueda permanente de la calidad y de la productividad, en los centros de investigación de todo el mundo, surgen continuamente nuevas variedades de arroz, que se diferencian entre sí por su tamaño, su resistencia a plagas, sus características culinarias, su denominación que se refiere al país de origen o al nombre del centro de investigación donde fueron creadas, entre otros aspectos.

Las distintas variedades de arroz pueden clasificarse de acuerdo al tipo de arroz en las siguientes categorías:

- a) **Grano largo**
- b) **Grano medio y**
- c) **Grano corto.**

De acuerdo al proceso industrial al que son sometidos, surgen al mercado según su grado de elaboración como:

- a) **Cargo o integral**
- b) **Blanco**
- c) **Parcialmente cocido, etc.**

Existen en el mundo más de dos mil variedades de arroz, pero sólo se cultivan unas cuantas.

Arroz blanco de grano largo: Este tipo de arroz es reconocido en el mercado internacional por su altísima calidad. Es un grano largo y delgado, es al menos 3 veces más largo que ancho. Supera los 6 milímetros de longitud. La cáscara, el salvado y el germen se eliminan durante tratamiento industrial. Después del cocinado, los granos tienden a permanecer separados debido a su bajo contenido de amilopectina (componente del arroz), condición indispensable para su preparación en ensaladas.

Los arroces indios basmati y patna, pertenecen a esta variedad. Existe también la variedad de grano largo americano, menos aromático que los otros mencionados.

Arroz blanco de grano medio. Es un grano más corto y grueso que el arroz de grano largo y tiene una textura suave y tierna al ser cocido. Es de forma ligeramente redondeado y tiende a empastarse cuando se someten a una cocción demasiado prolongada. Se le aplica el mismo procesado industrial que al arroz de grano largo (sin cáscara, sin salvado y sin germen).

Arroz bomba. En este se incluye el arroz de calas parra, único con denominación de origen en España. El arroz bomba, una vez sobrepasado el tiempo de cocción no se rompe como el resto, sino que se abomba y se arruga un poco. Esta peculiaridad le permite guardar el almidón con lo que siempre sale suelto, lo que le hace idóneo para elaborar paellas.

Arroz blanco de grano corto. Es prácticamente redondo en su forma. Tiende a pegarse cuando se le cocina. Se le aplica el mismo tratamiento industrial que a los anteriores (sin cáscara, sin salvado y sin germen).

Arroz integral o cargo. De grano medio o largo, es más oscuro que los refinados debido a que conserva parte del salvado de la cáscara. Requiere una cocción más lenta y, prolongada (unos 45 minutos). Tiene, al ser degustado, una textura masticable y un sabor parecido a la nuez. Su importancia crece día a día debido a la preocupación por una alimentación más saludable y nutritiva.

Arroz vaporizado. Es el tipo de arroz preferido por los consumidores que requieren arroces livianos y de fácil separación. No se pasta ni se pega. También contiene más nutrientes que el arroz blanco. El inconveniente es que requiere unos minutos más para su cocción, y absorbe peor los sabores de los ingredientes que lo acompañan.

Arroz de grano redondo. Es pequeño y se cuece muy deprisa. Además contiene gran cantidad de almidón que proporciona al medio en el que cuece, con lo que este adquiere una textura cremosa. Es el adecuado para aquellas recetas en las que interese aprovechar esta cualidad, como los arroces cremosos, los risottos italianos o las múltiples variaciones de arroz en leche.

Arroz glutinoso. Su principal característica es que los granos, tras la cocción, quedan pegados unos a otros debido a su gran contenido en almidón. Esta cualidad lo hace imprescindible para la elaboración de algunos platos de cocina china y japonesa, como el sushi.

Arroz aromático. Tiene un aroma especial que lo hace muy apetecible. Se lo utiliza para preparar platos típicos del sudeste asiático. En muchas recetas se le agrega azafrán para que el plato gane en color y sabor. Dentro de este tipo se encuentra el arroz tailandés, que destaca por su aroma a jazmín. Difícil de encontrar hasta hace poco tiempo, ahora se puede adquirir en tiendas de gourmets.

1.1.4. CLASES DE CULTIVO (Botanical-online, 1999)

Cultivos inundados: Son aquellos que se realizan con la planta inmersa dentro del agua. Para ello necesitan tener alguna corriente de agua disponible o encontrarse en lugares con una pluviometría abundante. El terreno se divide en parcelas que quedan inundadas y donde se realiza la plantación generalmente a mano. El nivel de agua puede variar desde los 25 cm a 5 m, lo cual requerirá utilizar diferentes variedades. Las producciones inundadas en aguas superficiales, poco profundas o profundas (desde los 25 cm a 1 m) se suelen dar en países africanos y en la isla de Madagascar donde constituyen la fuente más importante de alimentación.

Cultivos de arroz de aguas muy profundas: Los cultivos de arroz que se dan en zonas muy profundas donde el agua puede alcanzar hasta los cinco metros. A diferencia del modelo anterior no existe parcelación del terreno ya que las continuas inundaciones lo impiden. La siembra se realiza con semillas esparcidas y las plantas presentan tallos muy alargados cuyas espigas suelen flotar por encima del agua. Este tipo de cultivo se lleva a cabo en zonas como Tailandia, Bangladesh, Camboya y Sumatra. Es un tipo de cultivo muy poco productivo, pero de muy poco gasto que alimenta a muchos millones de gente.

Cultivos de regadío: Se realizan mediante inundación o irrigación artificial de parcelas. La siembra se puede realizar a mano utilizando plantones o, lo más habitual, mediante semillas pre-germinadas que se esparcen a voleo o, como en Estados Unidos y Australia, desde avionetas. Es el tipo de cultivo más productivo y el que ostenta la mayoría de la producción mundial al haber conseguido especies de poco porte pero con mucho grano. Muchas zonas de Asia han adoptado últimamente este tipo de producción.

Cultivos de secano: Es aquel tipo de cultivo que se lleva a cabo en zonas no inundadas. Normalmente se realiza en valles fluviales cuando las aguas, después de las inundaciones se retiran. Es el tipo de cultivo menos productivo que ofrecen zonas montañosas del Sudeste Asiático, Brasil, la India, África y Sudamérica. En este último es donde representa la forma de cultivo más habitual.

De una manera u otra, el cultivo del arroz es el cultivo más productivo de todos los cereales. Dependiendo del clima y de la disponibilidad de agua, se pueden realizar hasta cuatro cosechas anuales. En países templados se da solamente una cosecha al año. En cuanto a la productividad puede variar desde menos de 1 tonelada por hectárea, en lugares donde se cultiva con métodos tradicionales, hasta las más de 9 toneladas por hectárea en ciertos cultivos por regadío.

1.1.5 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS. (Franquet y Borrás, 2004)

Clima.

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados. El cultivo se extiende desde los 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultivan en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

Temperatura.

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de los 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos, siendo más susceptibles

a los ataques de enfermedades. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

La panícula, usualmente llamada espiga por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 mm. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente, y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas.

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de los 50 °C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos.

Suelo.

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y deltas de los ríos. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes.

pH.

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y además las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos están por debajo del nivel tóxico.

1.1.6 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO. (PRODUCTOS AGRI-NOVA , 1999)

Preparación del terreno.

El laboreo de los suelos arroceros de tierras húmedas o de tierras en seco depende de la técnica de establecimiento del cultivo, de la humedad y de los recursos mecanizados. En los países de Asia tropical el laboreo de tierras húmedas es un procedimiento habitual. El método tradicional de labranza para el arroz de tierras bajas es el arado y la cementación, siendo este último muy importante, pues permite el fácil trasplante.

Siembra.

En el siguiente cuadro se muestran algunos métodos de siembra de arroz de acuerdo al los diferentes tipos de cultivo que se presentan.

Cuadro 1.1 Métodos de siembra de arroz de acuerdo al tipo de cultivo

TIPOS DE CULTIVO DEL ARROZ	MÉTODO DE SIEMBRA	PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL AGUA (cm.)
Arroz de temporal de tierras bajas	Trasplante	0-50
Arroz de temporal superficial de tierras bajas	Trasplante	5-15
Arroz de temporal de profundidad media de tierras bajas	Trasplante	16-50
Arroz de aguas profundas	A voleo en suelo seco	51-100
Arroz flotante	A voleo en suelo seco	101-600
Arroz de tierras altas	A voleo o en hileras en suelo seco	Sin agua estancada

Ref.: PRODUCTOS AGRI-NOVA , 1999

A. Abonado.

- ✓ **NITRÓGENO**: gran parte del nitrógeno del suelo se encuentra en formas orgánicas, formando parte de la materia orgánica y de los restos de cosecha, pero la planta de arroz solo absorbe el nitrógeno de la solución en forma inorgánica. El paso de la forma orgánica del nitrógeno a las formas inorgánicas tiene lugar mediante el proceso de mineralización de la materia orgánica, siendo los productos finales de este proceso distintos según las condiciones del suelo.

En un suelo anaeróbico, la falta de oxígeno hace que la mineralización del nitrógeno se detenga en la forma amónica, que es la forma estable en los suelos con estas condiciones. Esta forma de nitrógeno se encuentra en dos maneras: disuelta en la solución del suelo y absorbida por el complejo arcillo-húmico, formando ambas la fracción de nitrógeno del suelo fácilmente disponible para el arroz.

El nitrógeno se considera el elemento nutritivo que repercute de forma más directa sobre la producción, pues aumenta el porcentaje de espiguillas rellenas, incrementa la superficie foliar y contribuye además al aumento de calidad del grano. El arroz necesita el nitrógeno en dos momentos críticos del cultivo:

- a) En la fase de ahijamiento medio (35-45 días después de la siembra), cuando las plantas están desarrollando la vegetación necesaria para producir arroz.
- b) Desde el comienzo del alargamiento del entrenudo superior hasta que este entrenudo alcanza 1.5-2 cm.

El nitrógeno se debe aportar en dos fases: la primera como abonado de fondo, y, la segunda, al comienzo del ciclo reproductivo. La dosis de nitrógeno depende de la variedad, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, manejo de los fertilizantes, etc. En general la dosis de 150 kg de nitrógeno por hectárea distribuida dos veces (75% como abonado de fondo, 25% a la iniciación de la panícula).

En el abonado de fondo conviene utilizar fertilizantes amónicos y enterrarlos a unos 10 cm. de profundidad, antes de la inundación, con una labor de grada. El abonado de cobertera se aplicará a la iniciación de la panícula, utilizando nitrato amónico.

Los abonos nitrogenados utilizados, son generalmente, el sulfato amónico, la urea, o abonos complejos que contienen además del nitrógeno, otros elementos nutritivos.

- ✓ **FÓSFORO**: también influye de manera positiva sobre la productividad del arroz, aunque sus efectos son menos espectaculares que los del nitrógeno. El fósforo estimula el desarrollo radicular, favorece el ahijamiento, contribuye a la precocidad y uniformidad de la floración y maduración y mejora la calidad del grano.

El arroz necesita encontrar fósforo disponible en las primeras fases de su desarrollo, por ello es conveniente aportar el abonado fosforado como abonado de fondo. Las cantidades de fósforo a aplicar van desde los 50-80 kg de P₂O₅/ha. Las primeras cifras se recomiendan para terrenos arcillo limosos, mientras que la última cifra se aplica a terrenos sueltos y ligeros.

- ✓ **POTASIO**: el potasio aumenta la resistencia al encamado, a las enfermedades y a las condiciones climáticas desfavorables. La absorción del potasio durante el ciclo de cultivo transcurre de manera similar a la del nitrógeno. La dosis de potasio a aplicar varían entre 80-150 kg de K₂O/ha. Las cifras altas se utilizan en suelos sueltos y cuando se utilicen dosis altas de nitrógeno.

B. Riego.

Los sistemas de riego empleados en los arrozales son diversos, desde sistemas estáticos, de recirculación y de recogida de agua. Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada sistema y de su impacto potencial en la calidad del agua, permitirá a los arroceros elegir el sistema más adecuado a sus operaciones de cultivo, a continuación se describe cada uno de manera breve y concisa:

- ✓ **Sistema de riego por flujo continuo.**

Es el convencional, siendo diseñado para autorregularse: el agua fluye de la parte alta del arrozal a la parte baja, regulándose mediante una caja de madera. El vertido se produce desde la última "caja de desagüe", que se usa para mantener el nivel del agua de la tabla. Entre los inconvenientes de este sistema destacan los vertidos de pesticidas a las aguas públicas, el aporte constante de agua fría por la parte alta de

la tabla produce el retraso en la fecha de maduración y perjudica los rendimientos en las zonas cercanas a la entrada de agua y la introducción de agua en la fecha de aplicación de herbicidas, da lugar a un menor control de las malas hierbas.

✓ **Sistema de recuperación del agua de desagüe por recirculación.**

Este sistema facilita la reutilización del agua de salida y permite que no se viertan residuos de pesticidas a los canales públicos. Tiene la ventaja de proporcionar una flexibilidad máxima requiriendo un periodo más corto de retención de agua después de la aplicación de los productos fitosanitarios que los sistemas convencionales. Consiste en elevar el agua de desagüe de la última tabla hasta la tabla de cota más alta mediante una bomba de poca potencia a través de una tubería o de un canal. Los costos derivados de la construcción y uso de un sistema recirculante dependen de la superficie cubierta por dicho sistema, el desnivel y la irregularidad del terreno.

✓ **Sistema de riego estático.**

Mantiene las aguas con residuos de pesticidas fuera de los canales públicos y elimina la necesidad de un sistema de bombeo como el empleado en el recirculante, además se controla de forma independiente la entrada de agua a cada tabla, limitándose la pérdida de agua por evapotranspiración y percolación. Este sistema consiste en un canal de drenaje que corre perpendicularmente a los desagües de las tablas. El canal está separado de cada parcela por una serie de válvulas que controlan la profundidad dentro de cada tabla. No es adecuado para suelos salinos y además se reduce el terreno cultivable debido a la construcción del canal de drenaje.

✓ **Sistema de riego mediante recuperación del agua.**

La recuperación del agua se realiza mediante tuberías, utilizando el flujo debido a la gravedad para llevar el agua de una tabla a otra, evitando el vertido a los canales públicos de aguas con residuos de pesticidas. Este sistema es muy efectivo y presenta costos reducidos, además durante los periodos de retención del agua, permite una gran flexibilidad en el manejo. Aunque cuando están conectadas varias

tablas, debido a la gran superficie, se hace difícil en manejo preciso y eficaz; teniendo en cuenta también que los suelos salino-sódicos, la acumulación de sales puede resultar un problema.

1.1.7 MEJORA GENÉTICA. (Franquet y Borrás, 2004)

El rendimiento mundial del arroz para 1996 fue de 2.52 Tm/ha, y se proyecta que para el año 2010 el rendimiento será de 2.87 Tm/ha, un incremento anual de 0.93%. Incremento un poco optimista si consideramos que el incremento en los últimos 6 años fue de 0.68%, la base para ese rendimiento "optimista" proyectado responde básicamente al desarrollo e incremento en el uso de variedades mejoradas.

Las variedades de arroz cultivadas han ido variando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de las mejores características; provocando la desaparición de determinadas variedades, pues las nuevas ofrecen mejores rendimientos, una mayor resistencia a enfermedades, altura más baja, mejor calidad de grano o una mayor producción.

Los programas de mejora genética se basan en la producción de plantas de arroz dihaploides, mediante el cultivo de anteras de plantas obtenidas a partir de cruzamientos previos. El empleo de líneas haploides incrementa la eficiencia de selección de caracteres de origen poligénico y facilita la detección de mutaciones recesivas. El cultivo in vitro continuado de líneas de cultivo de anteras origina variaciones génicas, en este caso denominadas gametoclonales, que han dado lugar a nuevas variedades de arroz.

1.1.8 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie cosechada, pero si se considera su importancia como cultivo alimenticio, el arroz

proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de la mayor parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en África y en América, y no sólo ampliamente sino intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas.

Cuadro 1.2. Producción y Rendimientos de Arroz a nivel mundial.

Datos de producción anual

País	Producción (Tm)	Rendimiento (kg/ha)	País	Producción (Tm)	Rendimiento (kg/ha)
Mundo	592.873.253	3.863	Japón	11.750.000	6.528
China	190.389.160	6.241	Brasil	10.940.500	3.01
India	135.000.000	3.027	Filipinas	12.500.000	3.205
Indonesia	51.000.000	4.426	U.S.A.	8.692.800	6.963
Vietnam	32.000.000	4.183	Rep. De Corea	7.270.500	6.88
Bangladesh	29.856.944	2.852	Colombia	2.100.000	4.773
Tailandia	23.402.900	2.34	Perú	1.664.700	5.549
Myanmar	20.000.000	3.333	Venezuela	737.000	4.913

Ref.: **(Franquet y Borrás, 2004)** Entre los países que producen más de un millón de toneladas al año figuran Cambodia (3.5 millones), Irán (2.6), Corea del Norte (2.1), Laos (1.6), Madagascar (2.4), Nepal (3.6), Nigeria (3.2), Pakistán (6.5) y Sri Lanka (2.7).

En el cuadro 1.3 se presentan los datos de superficie cultivada, producción y rendimientos para el cultivo de arroz por departamento para la cosecha 2006-2007. y en el anexo A se presentan representaciones graficas de estos datos.

Cuadro1.3 Superficie, Producción y Rendimiento de Arroz Según Región, Departamento Y Cosecha en El Salvador 2006-2007

REGION Y DEPARTAMENTO	SUPERFICIE (Manzanas)	PRODUCCION (Quintales Granza)	RENDIMIENTO (QQ.Granza/Mz.)
REGION I	568	60,252	106.1
Ahuachapán	100	8,300	83
Santa Ana	100	10,000	100
Sonsonate	368	41,952	114
REGION II	4,878	576,400	118.2
Chalatenango	1,271	144,000	113.3
La Libertad	2,963	380,880	128.5
San Salvador	200	16,000	80
Cuscatlán	442	49,920	112.9
REGION III	244	19,110	79
La Paz	112	8,960	80
Cabañas	50	3,750	75
San Vicente	80	6,400	80
REGION IV	304	26,480	87.1
Usulután	90	9,000	100
San Miguel	100	9,000	90
Morazán	64	4,480	70
La Unión	50	4,000	80
TOTAL PAIS	5,992	682,242	113.9
Primera Cosecha (invierno) (Zonas Arroceras)	5,292	580,532	109.7
Segunda Cosecha (verano) (Distritos de Riego)	700	101,710	145.3
Ref.: Encuesta de Intenciones de Siembra, 2006/2007. D.G.E.A. –M.A.G. FECHA: Revisado DIC. 2007			

1.1.9 MERCADO MUNDIAL DEL ARROZ.

Debido a las características del mercado mundial del arroz, este contribuye a la volatilidad de los precios. Por tanto se consideran los siguientes aspectos en el mercado internacional del arroz: destacan las pequeñas cantidades comercializadas respecto a las cantidades producidas o consumidas, por ello pequeños cambios en la producción o en el consumo de alguno de los principales productores / consumidores o países compradores vendedores, puede dar lugar a un gran impacto sobre el volumen puesto en el mercado y por tanto, sobre los precios.

Otro aspecto a destacar es el alto grado de concentración entre los exportadores de arroz en el mundo. Ya que el 85% de la exportación procede de 7-9 países, por tanto variaciones de las ofertas de las existencias de arroz, debidas a la climatología por ejemplo, repercute finalmente sobre los precios.

1.1.10 COMERCIO.

El consumo de arroz y por tanto el comercio está diferenciado por los tipos de arroz y por la calidad de los mismos. Se consideran los siguientes tipos de arroz:

- De grano largo de perfil indica: este a su vez se clasifica de acuerdo al porcentaje de granos partidos y el que sean o no aromáticos. Este tipo de arroz representa el 85% del comercio mundial de arroz, incluyendo aproximadamente del 10-15% de arroces aromáticos (tipos jazmín y basmatil), 35-40% de arroces de alta calidad (menos del 10% de granos partidos) y del 30-35% de arroces de baja calidad.
- De grano medio / corto de tipo japónica: el comercio de este tipo de arroces representa solamente una cuota del 15%.

El comercio mundial del arroz durante los próximos 15 años (de 18 millones en 1996 a 21 millones en 2010), se estima que incrementará a razón de una tasa anual de 1.11%, tasa significativamente inferior a la actual (8.82%) y refleja el hecho de que el impacto mayor de la liberalización comercial mundial ya surtió efecto.

1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ (Fundación Grupo EROSKI, 2005)

1.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ARROZ

El arroz está constituido de los siguientes compuestos mayoritarios:

✓ Carbohidratos

Los carbohidratos simples y complejos son ambos importantes en la dieta. Son el combustible del cual el cuerpo toma la mayor cantidad de energía. Al menos la mitad de las calorías consumidas durante el día deberían venir de carbohidratos, especialmente carbohidratos complejos tales como el arroz. El azúcar, el almidón y la fibra son tipos de carbohidratos. Los carbohidratos simples son azúcares dentro de las cuales se encuentran la glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa. Los carbohidratos complejos que son compuestos por cadenas de moléculas de glucosa consisten en principio de almidones y fibra. El almidón es la forma de almacenamiento del carbohidratos en plantas; en los humanos es el glucógeno.

El arroz contiene un gran porcentaje de carbohidratos (variando entre 23.3 y 25.5 gramos por 100 gramos de arroz cocido). De hecho, el 90% de las calorías en el arroz provienen de los carbohidratos. Estos carbohidratos complejo ofrece más vitaminas y fibra que cualquier carbohidrato simple.

✓ Fibra

Los expertos recomiendan que se consuma por lo menos 25 gramos de fibra cada día para reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Los alimentos ricos en fibra ayudan al funcionamiento del sistema digestivo y reducen el riesgo de desarrollo de desordenes intestinales. Media taza de arroz blanco proporciona 0.3 gramos de fibra. Media taza de arroz moreno proporciona 1.8 gramos de fibra.

✓ **Proteína**

Las proteínas proporcionan amino ácidos para construir y mantener el tejido, para formar enzimas, algunas hormonas y anticuerpos. Las proteínas hacen parte de algunos procesos de regulación del cuerpo y son una buena fuente de energía.

Las proteínas son únicas dentro de los nutrientes energéticos porque contienen nitrógeno y están compuestas por unidades de amino ácidos conectados por cadenas. Los amino ácidos esenciales no son producidos por el cuerpo; así que tienen que ser proporcionados por las proteínas. Los ocho amino ácidos esenciales deben estar presentes al mismo tiempo y en las cantidades necesarias para que las proteínas se sinteticen. En el arroz los aminoácidos están bien balanceadas pues se encuentran los ocho y en las cantidades necesarias. A pesar de ser limitado el contenido de proteína en el arroz (entre 2.0 a 2.5 mg por media taza de arroz cocido) esta es considerada una de las proteínas de mejor calidad.

✓ **Grasa**

El arroz contiene únicamente una mínima cantidad de grasa (entre 0.2 gramos en media taza de arroz blanco cocido y 0.9 gramos en media taza de arroz moreno cocido).

La grasa es la fuente más concentrada de energía. Además de proporcionar energía, la grasa contribuye con la absorción de vitaminas que son solubles en esta. Los ácidos grasos son la unidad básica en las grasas. Todos los ácidos grasos requeridos por el cuerpo pueden ser sintetizados de carbohidratos, grasa o proteínas a excepción del el ácido linoléico (ácido graso esencial). El ácido linoleico representa el 30% del total de los ácidos grasos que se encuentran en el arroz.

Debido a que el arroz es bajo en grasa, (menos de 1% de las calorías provienen de grasa) y no contiene colesterol es un excelente alimento para ser incluido en cualquier tipo de dieta.

✓ **Enriquecimiento**

Cerca del 70% del arroz consumido en los Estados Unidos es enriquecido. El arroz contiene tiamina, niacina y hierro. Sin embargo durante el proceso de molido las cantidades de estos nutrientes son reducidos. Para compensar esta pérdida, el arroz es enriquecido con tiamina, niacina y hierro. Todo arroz enriquecido es adicionalmente fortificado con ácido fólico. El proceso de enriquecimiento se convirtió en ley en Enero de 1998 en los Estados Unidos. Los niveles de enriquecimiento de estos nutrientes que están especificados por el Departamento de Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) proporcionan un mínimo de 2 mg de tiamina, 13 mg de hierro, 16 mg de niacina y 0.7 mg de ácido fólico por libra de arroz puro.

✓ **Ácido Fólico**

El ácido fólico es recomendado para las mujeres durante su etapa de vida reproductiva como una alternativa para reducir defectos neuronales. El ácido fólico ha demostrado contribuir con la maduración de las células rojas y en la síntesis de ADN y ARN. La FDA recomienda el consumo de 400 mg de ácido fólico al día provenientes de una dieta variada. En las comidas que contienen ácido fólico se incluyen los granos secos, vegetales verdes, frutas y jugos de fruta. Media taza de arroz blanco fortificado contiene 8% del consumo diario requerido.

✓ **Tiamina**

La tiamina (vitamina B₁) funciona como parte de una coenzima que contribuye con el rompimiento de la glucosa para generar energía. El funcionamiento adecuado de la tiamina mantiene el cerebro y las células nerviosas sanas, el corazón en buen estado, el apetito normal y una adecuada agilidad mental. Como la tiamina no puede ser almacenada por el cuerpo, es importante incluir en la dieta diaria alimentos que contengan este nutriente. Incluir granos enteros, pan enriquecido y cereal en la dieta es la mejor forma de conseguir tiamina. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 6% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona 7% del consumo diario requerido.

✓ **Niacina**

La Niacina es requerida en el rompimiento de glucosa para la producción de energía. La Niacina es esencial para la salud de la piel y el sistema nervioso. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 8% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona 6% del consumo diario requerido.

✓ **Riboflavina**

El arroz contiene una pequeña cantidad de riboflavina (vitamina B₂), metabólicamente importante para la producción de energía y el mantenimiento de la piel y el tejido de los ojos. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 1% del consumo diario requerido.

✓ **Vitamina E**

La vitamina E es una vitamina soluble en ácidos grasos y que protege a la vitamina A y a ciertos ácidos grasos de oxidarse en las células del cuerpo y evita el rompimiento de los tejidos. Media taza de arroz moreno cocido proporciona una mínima cantidad del consumo diario requerido.

✓ **Hierro**

La mayor cantidad del hierro en el cuerpo humano esta presente en la hemoglobina, una proteína que consiste de un compuesto metálico y que esta unida a una proteína llamada globina. La hemoglobina transporta el oxígeno necesario a los tejidos para que se lleve a cabo el proceso de oxidación en las células. El hierro es un elemento importante de muchas enzimas que son requeridas para el rompimiento de la glucosa y los ácidos grasos en energía. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 8% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona 7% del consumo diario requerido.

✓ **Calcio**

Los niños requieren calcio para formar un esqueleto fuerte, pero su requerimiento no para allí. A través de la madurez, el calcio es requerido para mantener los huesos y evitar la osteoporosis; un decrecimiento en la densidad de hueso que puede llevar a fracturas e inhabilidades.

✓ **Fósforo**

El fósforo es muy importante en la construcción de huesos y dientes y juega un papel importante en el metabolismo. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 8% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona 3% del consumo diario requerido.

✓ **Potasio**

El potasio es esencial para la síntesis de proteínas, para el funcionamiento de las enzimas en las células y para el mantenimiento del balance de fluidos del cuerpo.

De acuerdo con la afirmación recientemente aprobada por la Administración de Comidas y Medicamentos (FDA), "las dietas que incluyen comidas que son buenas fuente de potasio y bajas en sodio pueden ayudar a reducir el riesgo de presión arterial alta e infarto". De acuerdo con el USDA, más de 80% de los americanos no consumen la dosis diaria requerida de potasio (3,500 mg). Media taza de arroz moreno cocido proporciona 1% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona un mínimo del consumo diario requerido.

✓ **Sodio**

El sodio ayuda a mantener el balance de los fluidos del cuerpo y al funcionamiento de los nervios para una buena salud. Los cereales como el arroz contienen un bajo contenido de sodio por cada media taza. El contenido de sodio varía de acuerdo a los niveles de sal agregada durante el proceso de cocción. El arroz en la comida ideal para dietas bajas en sodio.

Cuadro 1.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ARROZ

100 g (30 g corresponden a 1 oz)										
	Arroz integral		Blanco regular (no enriquecido)		Blanco regular (enriquecido)		Parcialmente cocido (enriquecido)		Precocido (enriquecido)	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Agua %	12	70.3	12	72.6	12	72.6	10.3	73.4	9.6	72.9
Calorías	360	119	363	109	363	109	369	109	374	109
Proteínas (g)	7.5	2.5	6.7	2.0	6.7	2.0	7.4	2.1	7.5	2.2
Grasa	1.9	0.6	0.4	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	Trace
Carbohidratos										
Total (g)	77.4	25.5	80.4	24.2	80.4	24.2	81.3	23.3	82.5	24.2
Fibra (g)	0.9	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.4	0.1
Cenizas (g)	1.2	1.1	0.5	1.1	0.5	1.1	0.7	1.1	0.2	0.7
Calcio (mg)	32	12	24	10	24	10	60	19	5	3
Fósforo (mg)	221	73	94	28	94	28	200	57	65	19
Hierro (mg)	1.6	0.5	0.8	0.2	2.9 ¹	2.9 ¹	0.8 ¹	0.8 ¹	2.9 ¹	0.8 ¹
Sodio (mg)	9	282	5	374	5	374	9	358	1	273
Potasio (mg)	214	70	92	28	92	28	150	43	-	Trace
Tiamina (mg)	0.34	0.09	0.07	0.02	0.44 ¹	0.11 ¹	0.44 ¹	0.11 ¹	0.44 ¹	0.13 ¹
Riboflavina (mg)	0.05	0.02	0.03	0.01	²	²	²	²	²	²
Niacina (mg)	4.7	1.4	1.6	0.4	3.5 ¹	1.0 ¹	3.5 ¹	1.2 ¹	3.5 ¹	1.0 ¹

Ref. : Desrosier N (1990)

¹ los valores de hierro, de la tiamina y de la niacina se basan en los niveles mínimos de enriquecimiento especificados por el gobierno de los Estados Unidos de Norte América.

² los requerimientos mínimos y máximos de la riboflavina todavía no han sido especificados por el Gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica.

1.2.2 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL ARROZ

El arroz es el alimento principal de dos terceras partes de la población del planeta. El arroz es un cereal sano y nutritivo y tiene cualidades que lo vuelven ideal en cualquier tipo de dieta o requerimiento nutricional.

El arroz se encuentra dentro del grupo de los alimentos ricos en hidratos de carbono, pues el almidón es la sustancia nutritiva dominante en su composición. El arroz es un cereal que se encuentra en el primer nivel de la llamada "Pirámide Alimenticia", el grupo que debe aportar la mayor parte de la energía necesaria para el organismo en forma de hidratos de carbono.

El arroz tiene las características naturales propias de los cereales: vitaminas, hidratos de carbono, proteínas, fósforo, magnesio, etc., por no mencionar la fibra alimentaria, que ayuda a reducir el riesgo de cáncer de colon y de mama y mejora la calidad de la microflora intestinal.

El arroz es bueno para nuestros organismos porque:

- Contiene sólo 103 calorías por media taza de arroz blanco y 108 calorías por media taza de arroz moreno.
- No contiene colesterol
- No contiene grasa
- No contiene sodio
- Es un carbohidrato complejo
- No contiene gluten y es no alergénico
- Es sencillo de digerir

Puedes comer arroz a diario que no te supondrá ningún perjuicio para la salud.

Todo lo contrario. El arroz es un alimento básico para gran parte de la humanidad.

En muchos países, el arroz hace las funciones de nuestro pan y lo toman a diario para acompañar las comidas. En Japón, cuando te sientas en la mesa de un restaurante lo primero que te sirven es un plato de arroz blanco.

Otras cualidades del arroz son:

- Por su bajísimo contenido en grasas, es un alimento excelente para mantener una buena salud cardiovascular siempre y cuando no se le incorporen grasas al cocinarlo.
- El componente mayoritario del arroz es el almidón y por ello supone una buena fuente de energía. Aporta unas 350 calorías por cada 100 gramos. Aporta un 7 por ciento de proteínas y es rico en vitaminas del grupo B, si se consume integral.
- Es pobre en minerales, especialmente en hierro, calcio y zinc y por ello resulta conveniente tomarlo en combinación con legumbres, verduras, carnes o pescados.

El arroz debe estar presente varias veces por semana en una dieta equilibrada, sea como plato principal o como guarnición de carnes, pescado, huevos. También puede tomarse como postre.

1.3 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO PARA ARROZ GRANZA (Meyer M. 1990)

La conservación de granos y semillas tiene como objetivo reducir al máximo las pérdidas cualitativas y cuantitativas del producto. Por eso, se necesita someter el producto a un número de operaciones que se determinan al momento de la recepción de los granos.

Al recibir los granos, se pesa la partida por medio de una báscula-puente si llega a granel, y mediante una báscula de piso, si el producto se encuentra ensacado. Además, se toma una muestra representativa para determinar las operaciones, o

sea, el flujo de las que se requieren para obtener una adecuada conservación. El flujo incluye algunas de las siguientes operaciones:

- Manejo del producto.
- Limpieza y clasificación.
- Desección de los granos.
- Control de plagas.
- Almacenamiento del producto.

Para el manejo del producto se dispone de varios tipos de equipo, tanto para el traslado de granos ensacados, como de granos a granel.

Con base en los resultados del examen de la muestra de la partida, se determinan las necesidades. Estas pueden ser de limpieza y clasificación, de desecación y de control de plagas.

Los cereales cosechados mediante máquinas cosechadoras modernas no siempre necesitan de una limpieza y clasificación adicional. Sin embargo, productos como el arroz granza, normalmente requieren tal operación para separar las impurezas, el polvo y demás cuerpos extraños, para asegurar así una desecación y un almacenamiento de granos de alta calidad.

Durante la conservación, los granos pierden peso y valor nutritivo, principalmente por respiración y evaporación, pero también por la acción de insectos, roedores, hongos y bacterias. Para reducir la respiración y para obstaculizar la acción de hongos y bacterias, es necesario que el producto tenga una humedad de 15% o menos. En el caso que la humedad del producto cosechado sea mayor, se le debe secar antes o durante el almacenamiento.

Los ataques de insectos, ratas y ratones se reducen mediante insecticidas y *cebos* envenenados. Es importante no aplastar, agrietar o partir los granos, ya que estos daños favorecen la penetración de insectos y hongos.

Durante el almacenamiento mismo la temperatura y humedad del producto aumentan debido a la respiración y evaporación. Cuando la temperatura aumenta, el aire húmedo se mueve a través de la masa de granos. Donde la temperatura es menor, la humedad se condensa y se concentra en ciertas zonas del almacén. La acumulación de humedad y calor se evita mediante una adecuada ventilación.

1.3.1 MANEJO DEL PRODUCTO

Los granos ensacados se trasladan a hombro o mecánicamente por medio de los siguientes transportadores:

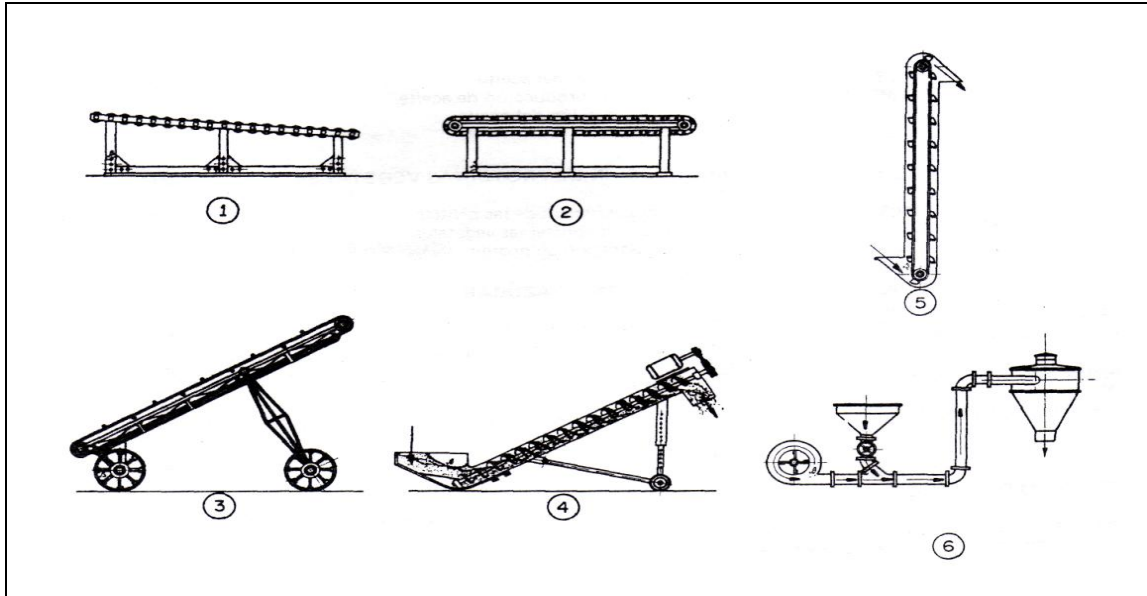


Fig. 1.2 Diferentes tipos de transportadores para materiales particulados
Ref. (Meyer M. 1990)

1. Transportador de rodillos. La banda es ligeramente inclinada y los sacos se desplazan por gravedad.
2. Transportador de cadenas.
3. Elevador de banda plana. En caso que la banda este" soportada por medio de rodillos inclinados, esta tendrá una sección acanalada que permita el traslado, no solo de sacos, sino también de granos sueltos o a granel.

Los granos a granel se transportan por medio de los siguientes equipos:

4. Transportador de gusano.
5. Elevador de cangilones.
6. Transportador neumático. Consta de un ventilador, una entrada con válvula giratoria y un ciclón.

El transportador de gusano se emplea principalmente para el transporte horizontal, o ligeramente inclinado. El elevador de cangilones es adecuado para el transporte vertical. El transportador neumático se puede utilizar para el transporte en cualquier dirección.

El aire es el medio de transporte neumático. El producto entra en la corriente de aire por medio de una tolva con válvula giratoria. Al girar, la válvula hace entrar el producto sin dejar escapar el aire. Una vez mezclado con el aire, el producto se desplaza hacia un ciclón. Al entrar en el ciclón, la velocidad del aire disminuye y los granos caen. El aire escapa por la salida del ciclón. Los granos salen del ciclón a través de una válvula.

1.3.2 LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN

La separación del producto, de otras materias de diferentes especies, por ejemplo, piedrecillas y granos de otros cereales, se llama limpieza. La separación por clases de la misma especie, se llama clasificación. Ambas operaciones se efectúan con la misma máquina, según diferencias en tamaño, forma, peso específico o elasticidad de los materiales.

Separación de acuerdo al tamaño de los granos.

La separación, según el tamaño, se efectúa mediante máquinas con Cribas planas en movimiento oscilante o con máquinas con Cribas cilíndricas en rotación.

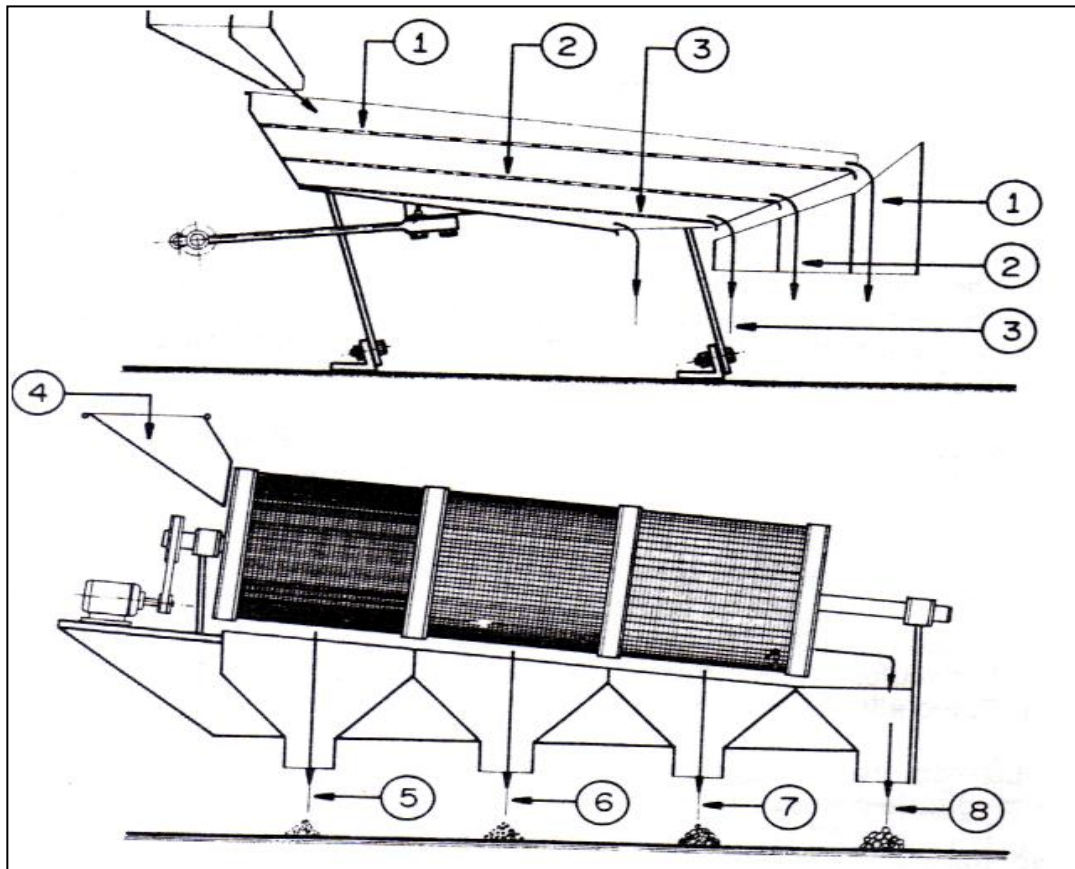


Fig. 1.3 Descripción de operaciones de separación por el tamaño de los granos. Ref. (Meyer M. 1990)

1. Criba plana con orificios grandes. Salen los granos más grandes. Los otros pasan, a través de esta, a la otra con orificios intermedios.
2. Criba con orificios intermedios. Salen los granos de tamaño intermedio.
3. Criba con orificios chicos. Salen los granos de tamaño chico. El polvo atraviesa la criba.
4. Entrada del material al cilindro giratorio de Cribas.
5. Salen los granos chicos y el polvo.
6. Salen los granos de tamaño mediano.
7. Salen los granos de tamaño grande.
8. Salen los granos de tamaño más grande

Separación de acuerdo a la forma de los granos

La máquina separadora, según la forma de los productos, consta de lo siguiente:

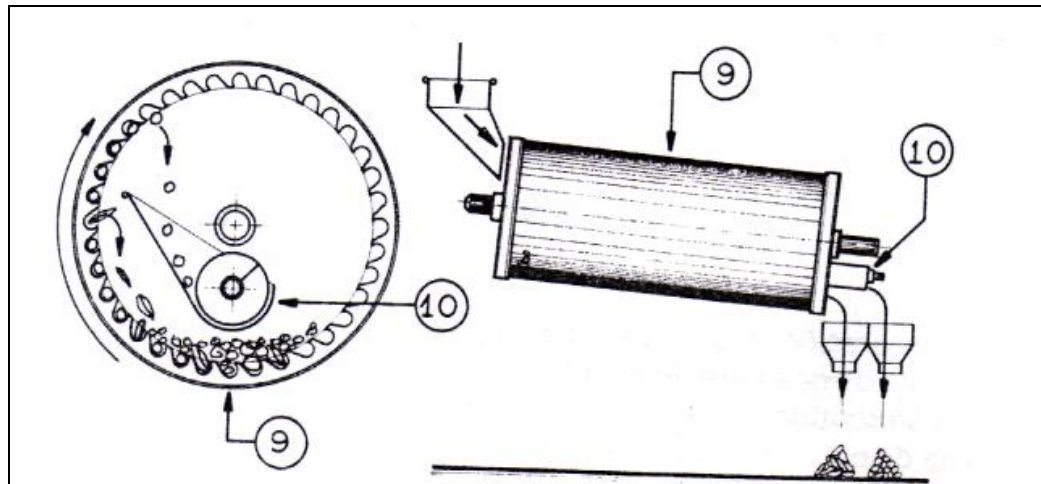


Fig. 1.4 Descripción de operaciones de separación por forma de los granos. (Meyer M. 1990)

- 9. Cilindro rotativo con tazas en el interior.
- 10. Canal de separación con conductor de gusano.

Al girar, el cilindro lleva las semillas más redondas a las tazas, a una altura mayor que la de las semillas más alargadas. Por esto, las semillas más redondas caen dentro del canal de separación y el conductor las lleva fuera de la máquina.

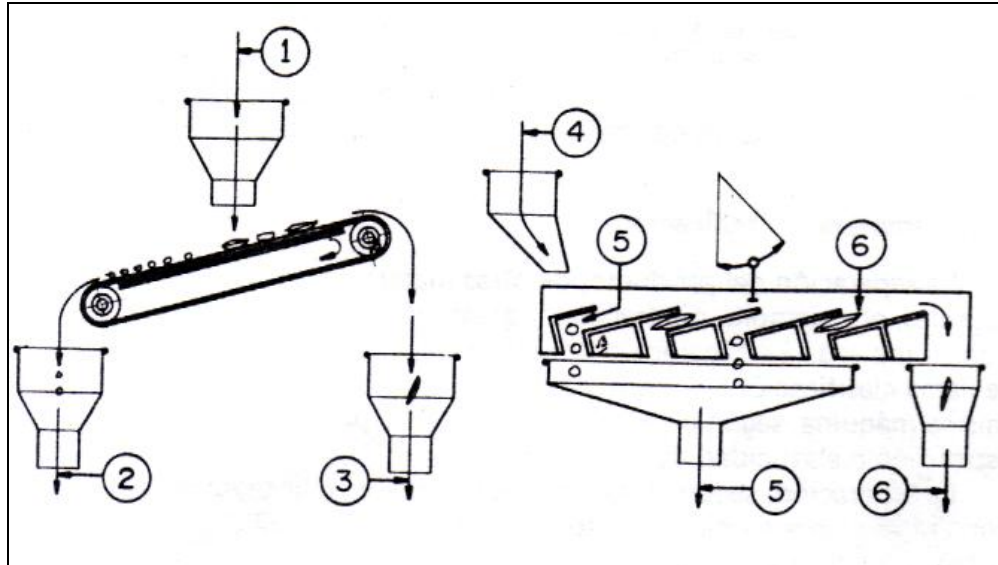


Fig. 1.5 Descripción de operaciones de separación por forma de los granos. Ref. (Meyer M. 1990)

Para separar los productos redondos de los alargados, se usan también bandas inclinadas.

1. Entrada de la mezcla.
2. Semillas redondas.
3. Semillas alargadas, terrones y piedras.

La criba angular separa las semillas con base en diferencias en longitud. La criba tiene un movimiento oscilante.

4. Entrada del producto.
5. Las semillas redondas pasan a la garganta, a través del ángulo.
6. Las semillas alargadas son retenidas y se desplazan hacia la descarga de la criba por el movimiento oscilante de la misma.

Separación por diferencias en peso específico de los granos

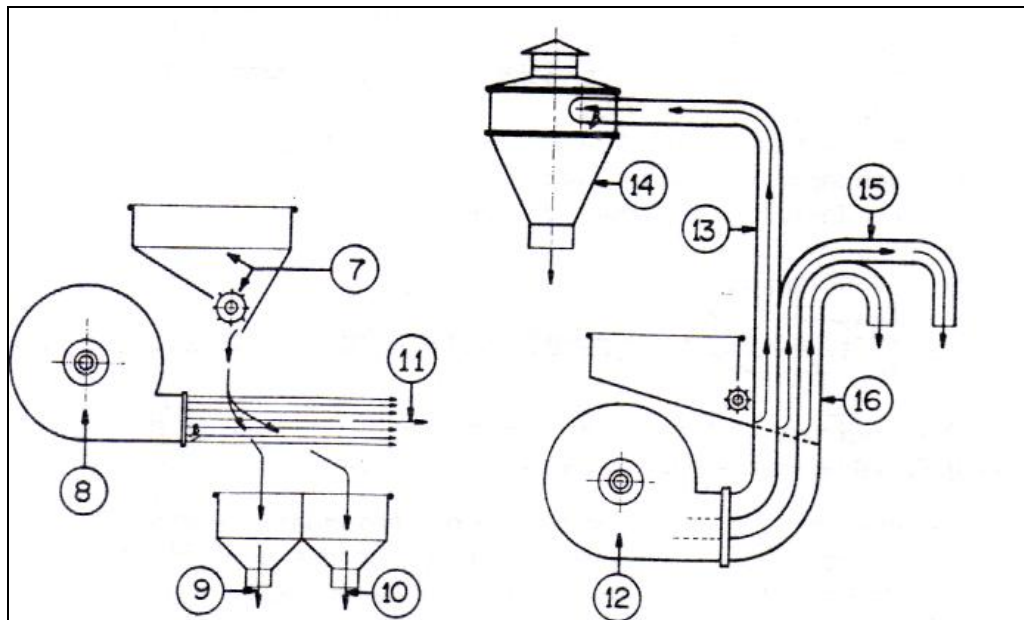


Fig. 1.6 Descripción de operaciones de separación por diferencias en peso específico de los granos. Ref. (Meyer M. 1990)

La separación, según el peso específico, se efectúa por diferencias en la velocidad de las partículas de la mezcla en una corriente de aire.

7. Tolva con rodillo acanalado dosificador.
8. Ventilador y corriente de aire.
9. Partículas de peso medio.
10. Polvo e impurezas livianas.
11. La máquina con columnas de aire, separa la mezcla en clases, por medio de corrientes de aire de diferente velocidad.
12. Ventilador.
13. Columna con corriente lenta. Salen polvo y partículas livianas.
14. Trampa de polvo ciclónica o ciclón.
15. Columna con corriente media. Salen las partículas de peso medio.
16. Columna con corriente fuerte. Salen las partículas más pesadas.

Separación por diferencias de elasticidad.

La separación, según la elasticidad, requiere de una máquina que consta de una mesa inclinada vibratoria. La vibración se efectúa en sentido perpendicular a la inclinación. La mesa está provista de partes triangulares.

Este tipo de máquina se utiliza para separar arroz, con o sin cáscara, y las cáscaras mismas.

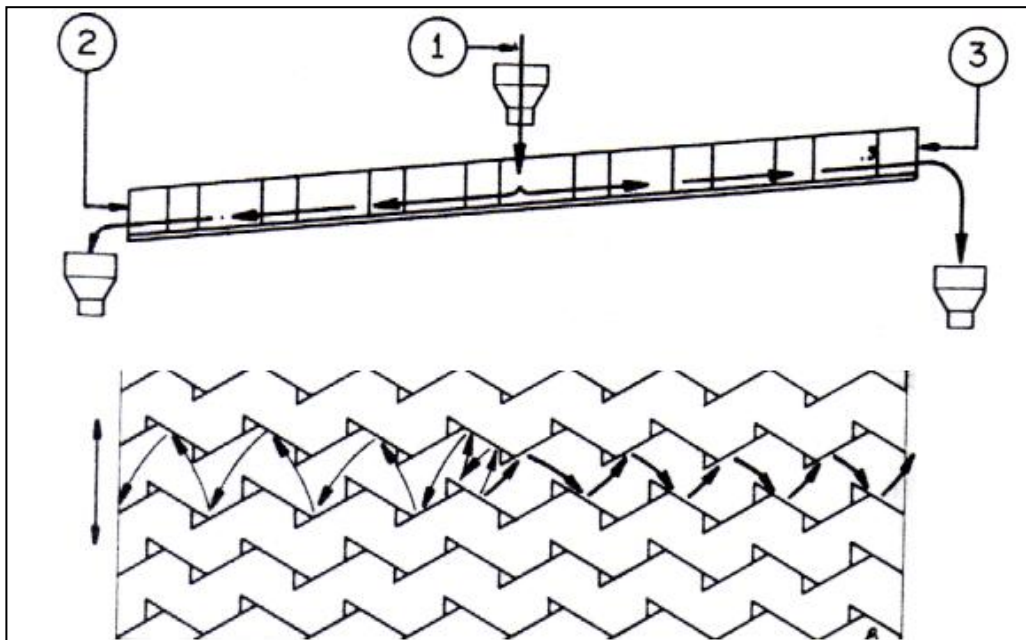


Fig. 1.7 Descripción de operaciones de separación por diferencias de elasticidad de los granos. Ref. (Meyer M. 1990)

1. Alimentación de la mezcla en el centro de la mesa vibratoria.
2. Los granos de mayor elasticidad, como el arroz sin cáscara, van cayendo hacia la parte inferior de la mesa.
3. Las cáscaras y los granos con cáscaras suben a lo largo de la mesa.

Máquinas compuestas.

Las máquinas combinadas separan la mezcla de acuerdo con diferentes características.

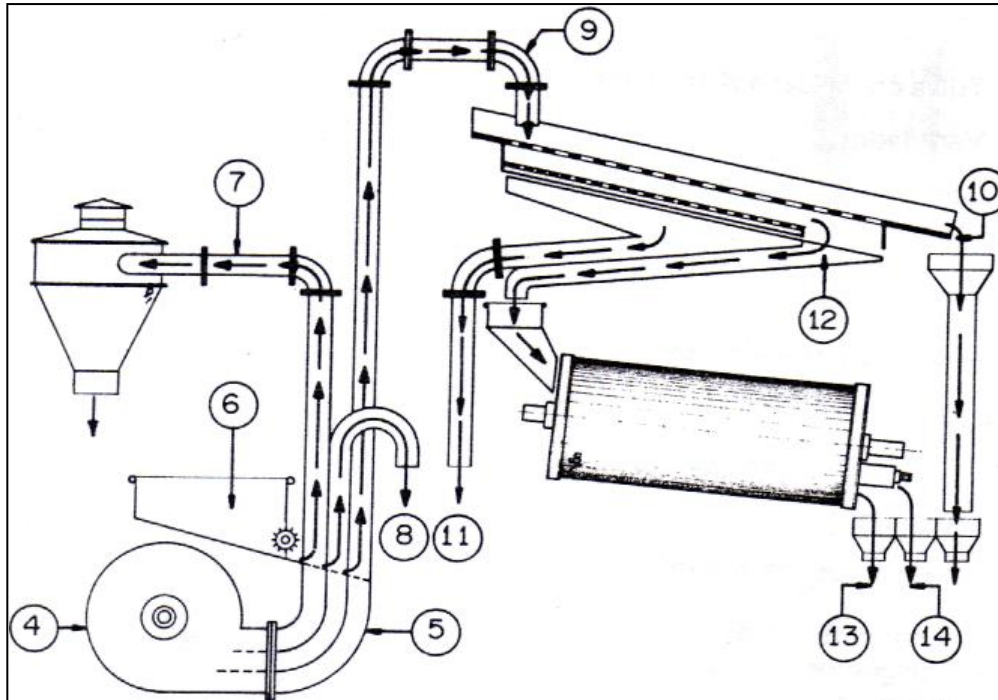


Fig.1.8 Descripción de operaciones de separación por combinación de propiedades diferentes en la mezcla de granos.
Ref. (Meyer M. 1990)

4. Ventilador.
5. Columnas de aire.
6. Tolva con rodillo de dosificación
7. Salida de partículas livianas y ciclón de polvo.
8. Salida de partículas chicas, de peso medio.
9. Salida de partículas grandes hacia la unidad de cribas oscilantes.
10. Salida de impurezas grandes.
11. Salida de granos de tamaño medio.
12. Salida de granos hacia el cilindro de tazas.
13. Salida de granos alargados.
14. Salida de granos redondos

1.3.3 SECADO DE GRANOS

El secado consiste en la absorción de la humedad del material por medio de aire, y el transporte del aire saturado hacia afuera, a través de los espacios entre los granos. Al respecto, el aire caliente tiene una mayor capacidad de absorción que el aire frío. En climas secos, el sol mismo calienta el aire. En este caso, el secado natural se puede efectuar al aire libre. Pero, en los climas fríos y en las regiones húmedas es necesario calentar el aire artificialmente. Para favorecer una rápida extracción del aire saturado en el caso del secado natural, los granos se distribuyen en capas delgadas, sobre un piso seco, y se mueven varias veces durante el día. Para proteger los granos contra la lluvia y contra el rocío nocturno, se amontona el material y se cubre con lonas plásticas.

Secadores discontinuos. En el caso del secado artificial se emplea un ventilador para forzar el transporte del aire saturado.

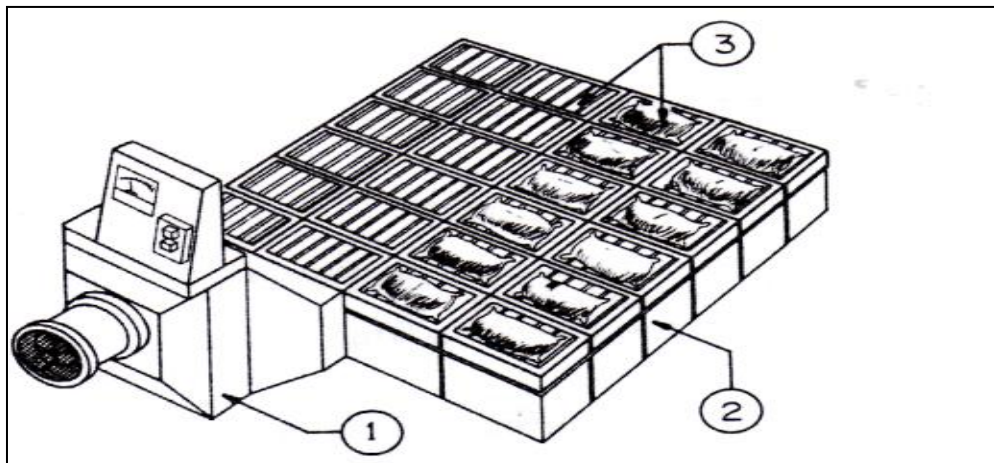


Fig.1.9 Secador discontinuo por convección forzada y calentamiento eléctrico. Ref. (Meyer M. 1990)

El secador discontinuo para granos ensacados consiste en lo siguiente:

1. Unidad de ventilador y calentador eléctrico.
2. Cámara de distribución del aire caliente.
3. Sacos de granos sobre las rejillas.

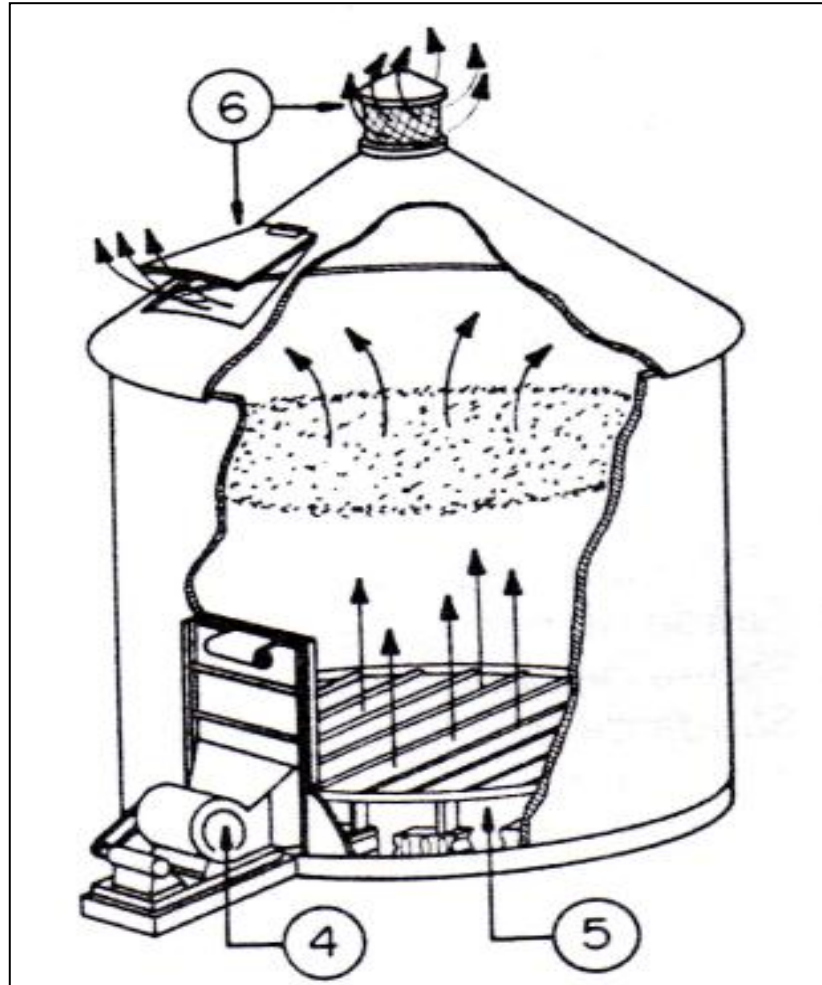


Fig.1.10 Secador tipo silo, por convección forzada.
Ref. (Meyer M. 1990)

El secador de silo es otro tipo discontinuo para secar granos a granel, consta de los siguientes componentes.

- 4. Unidad de ventilador y calentador de aire.
- 5. Cámara de distribución del aire en el fondo del silo.
- 6. El aire saturado es forzado hacia afuera.

Secadores de operación continua.

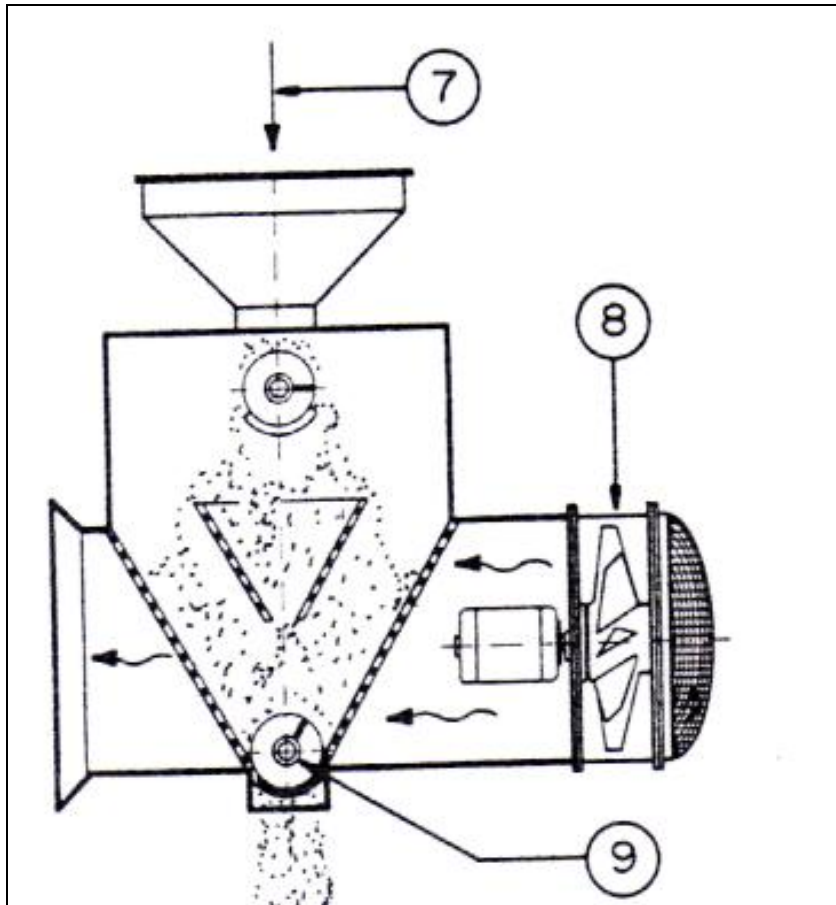


Fig.1.11 Secador continuo de aire a temperatura ambiente Ref. (Meyer M. 1990)

Un desecador continuo con aire a temperatura ambiente, consta de lo siguiente:

7. Tolva con gusano para la alimentación.
8. Ventilador.
9. Descarga por medio de un gusano.

Secador de operación continua con enfriamiento posterior.

Este tipo de secadoras descargan los granos, ya enfriados, hasta una temperatura próxima a la del ambiente.

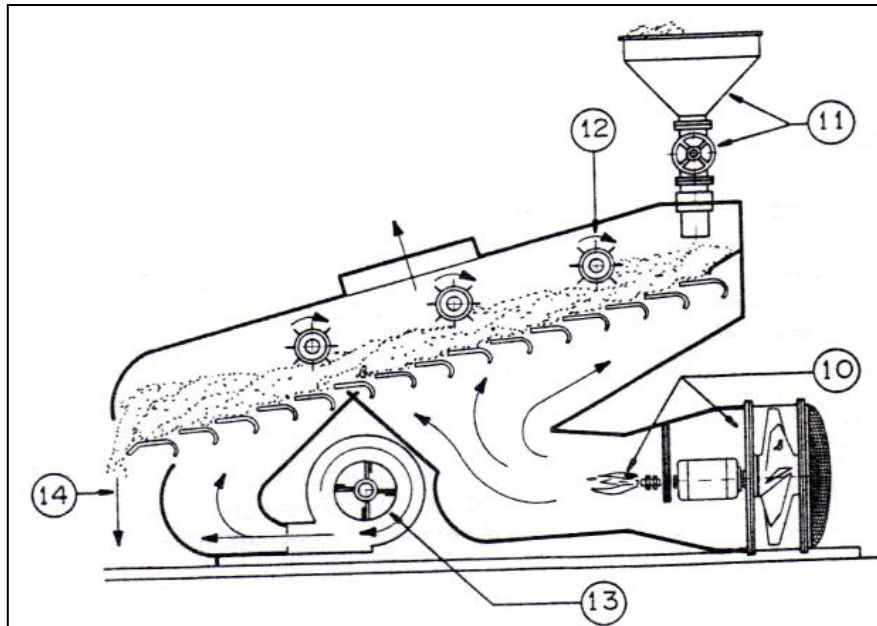


Fig. 1.12 Secador continuo con enfriamiento de los granos secos. Ref. (Meyer M. 1990)

- 10. Ventilador y quemador.
- 11. Tolva con válvula de dosificación.
- 12. Rodillos de emparejamiento y avance.
- 13. Ventilador de enfriamiento.
- 14. Descarga de los granos.

La temperatura máxima para el secado artificial depende del tipo de granos. Varía entre 35 °C para frijol de consume y 74 °C para granos destinados a piensos. El tiempo de secado depende de varios factores.

- La humedad inicial del producto sea menor.
- La humedad final requerida sea mayor
- La capacidad del ventilador sea mayor.
- La temperatura del aire sea mayor.

1.3.4 TEORIA DE SECADO (UNC, 2004)

La deshidratación o secado es un sistema de preservación que además de proporcionar un ambiente difícil para el crecimiento microbiano, reduce el costo de transporte y almacenamiento por la disminución del peso y volumen de los productos. El fenómeno es complejo pues involucra procesos combinados de transferencia de calor, masa y momentum. El mecanismo particular que controla el secado de determinado producto depende tanto de su estructura como de parámetros de secado tales como contenido de humedad, dimensiones del producto, temperatura del medio de secado, tasas de transferencia de calor y contenido de humedad en equilibrio. Esta última la define las características de sorción de humedad del material.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN ALIMENTO.

Puede expresarse con base en el producto húmedo: *masa de agua / masa de producto húmedo*, o con base en el producto seco: *masa de agua / masa de sólidos secos*. La última forma es la más usada en los cálculos de secado.

PSICOMETRIA.

En la mayoría de los equipos de secado el producto a secar está en contacto con una mezcla de aire - vapor de agua (aire con algún grado de humedad). Si un alimento sólido húmedo se pone en contacto con aire de temperatura y humedad constantes, como sucede cuando se usa aire en exceso, después de un tiempo suficiente el sólido alcanzará una humedad de equilibrio que depende de la humedad y temperatura del aire con el que estuvo en contacto.

Componentes de un secador.

La configuración de un secador es básicamente un conjunto de un alimentador, un calentador y un colector. Hay alimentadores de tipo tornillo sinfín, platos vibradores, mesas giradoras, etc; los calentadores pueden ser directos, en donde el aire se

mezcla con los gases de combustión, o indirectos en donde el producto se calienta con un intercambiador de calor. Las temperaturas máximas del aire están entre 648 a 760 °C en el calentador directo y 425 °C para los indirectos.

Los colectores generalmente se complementan para recuperar los productos finos con ciclones o filtros de mangas.

SECADOR DE QUEMADOR:

Son construcciones de dos cuerpos separados por una placa perforada. La parte superior es la sección de secado y en la inferior se colocan los quemadores. Se usa para granos y café principalmente.

SECADOR DE BANDEJAS:

El producto se coloca en bandejas que se colocan en un compartimiento aislado de exposición a aire caliente y seco. El calentador puede ser directo o indirecto (serpentes a vapor, intercambiadores o resistencias eléctricas). Se usan velocidades de aire entre 2 y 5 m/s. Su principal problema es la desuniformidad del secado entre bandejas en distintas ubicaciones. El alimento que se va a secar se coloca en capas delgadas (1 a 6cm de espesor) en una bandeja; puede estar en forma sólida (continua o discreta), como puré o aún líquido. El aire se calienta y circula entre las bandejas en flujo cruzado, o en flujo a través de bandejas perforadas (perpendicular al plano de ellas); parte del aire se recircula para un mejor aprovechamiento a costa de algo de la eficiencia de secado.

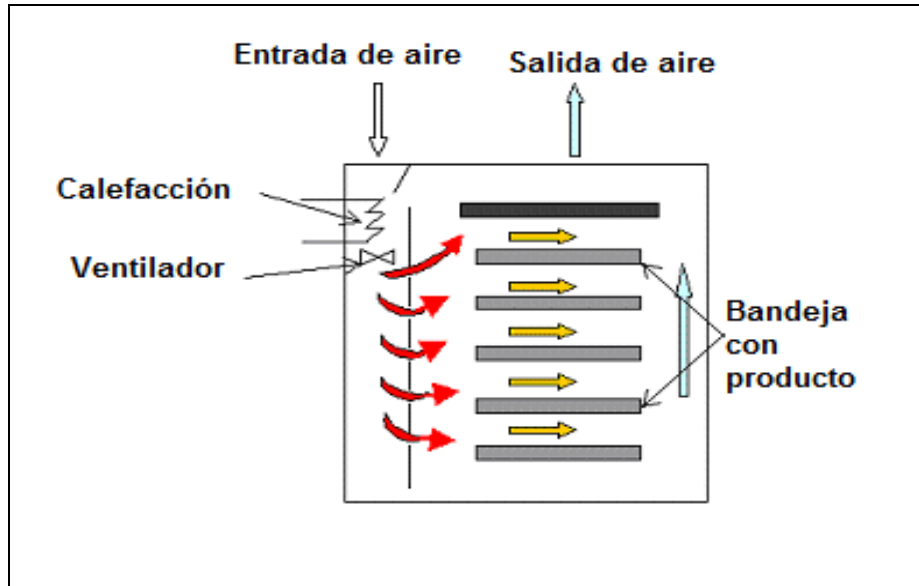


Fig. 1.13 Configuración de un secador con quemador. (UNC, 2004)

El proceso es entonces semi continuo.

SECADOR DE BANDA:

En este tipo el movimiento del producto se hace mediante una banda transportadora. La configuración más común es la de flujo transversal de aire.

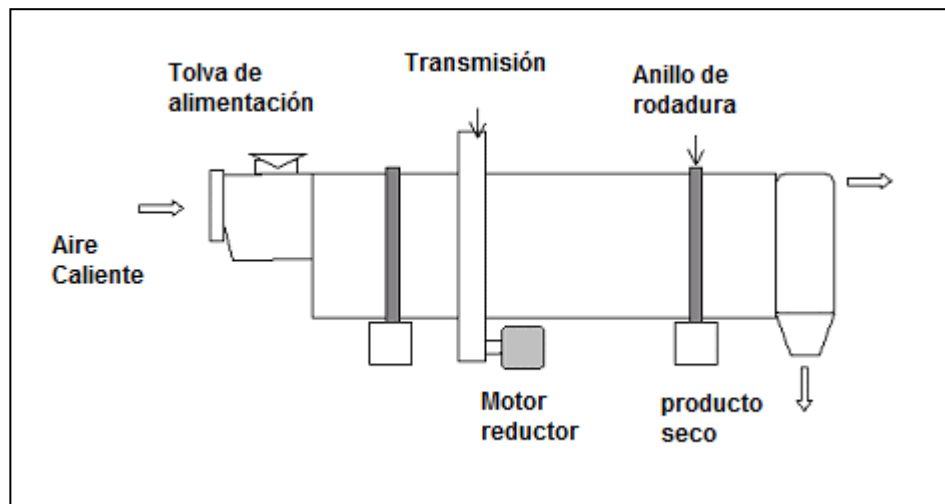


Fig. 1.14 configuración de un secador de banda. (UNC, 2004)

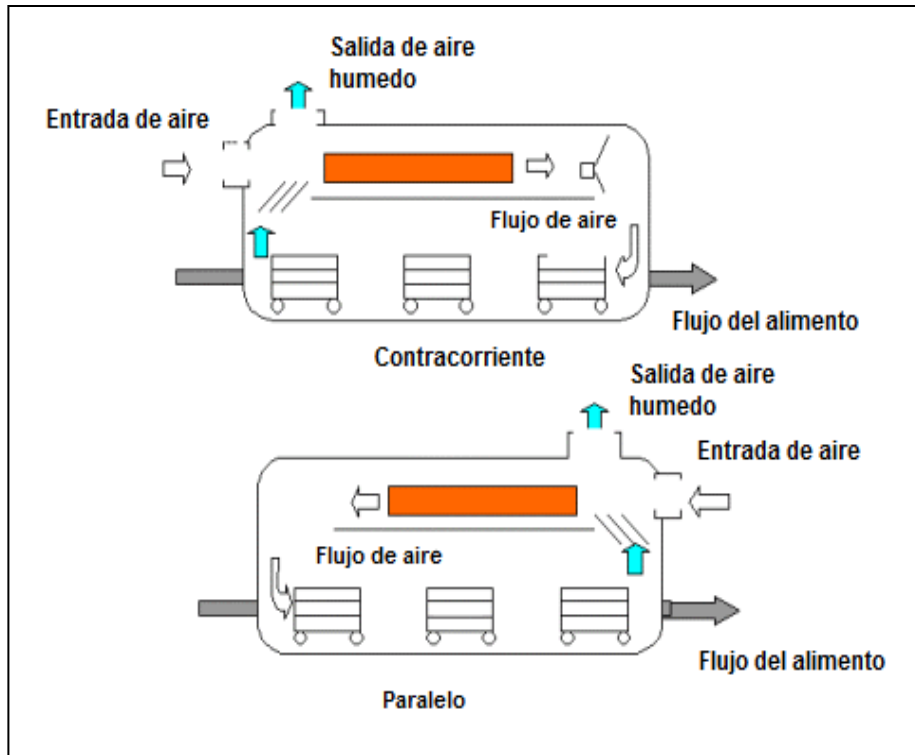


Fig. 1.15 configuración de un secador de túnel. (UNC, 2004)

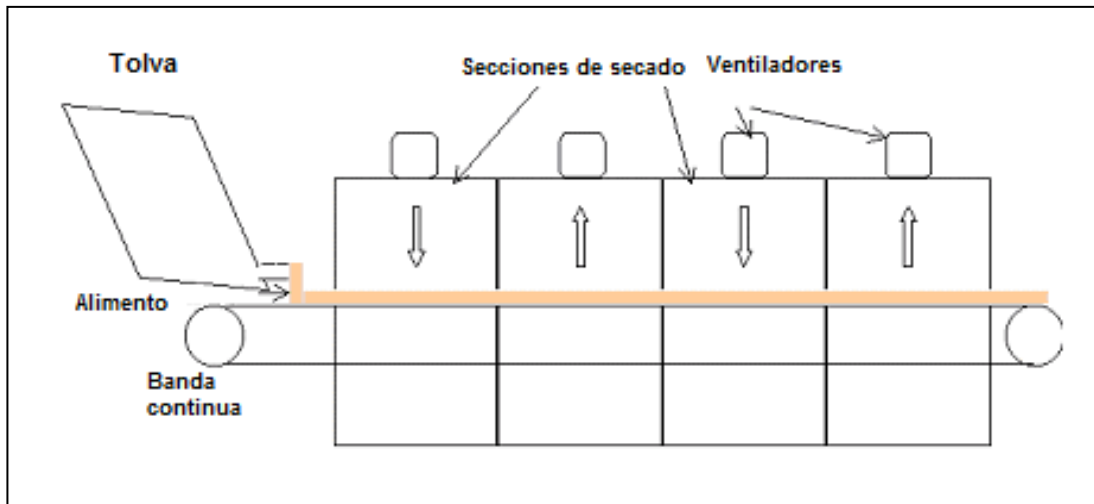


Fig. 1.16 secador de banda con flujo transversal. (UNC, 2004)

1.3.5 CONTROL DE PLAGAS (Meyer M. 1990)

Para el control de plagas se emplean plaguicidas por contacto y plaguicidas respiratorios. Los insecticidas por contacto son relativamente persistentes y dan una protección casi duradera. Su aplicación puede efectuarse en forma de polvo o diluido en agua.

Los polvos en seco se mezclan con el grano, o son aplicados externamente a los sacos con granos y sobre el montón a granel, para evitar la reinfestación del producto.

La mezcla del polvo con el grano es adecuada para el producto a granel que se almacena durante largo tiempo.

Los insecticidas diluidos en agua se usan para tratar las paredes, los pisos y los techos del almacén. Se emplean también para desinfectar los medios de transporte. En estos se aplican mediante aspersores.

Los insecticidas respiratorios, o fumigantes, son gases que penetran en el montón de los granos a granel o ensacados. Existen fumigantes en forma de pastillas, como las hechas a base de fosforo de aluminio.

Estos liberan el gas por la reacción de las pastillas y por el calor y la humedad del grano. Para evitar la fuga del gas, se cierra el silo o se tapa con lonas de plástico. Después de aproximadamente 72 horas, se abre la estiba para ventilar y eliminar el gas.

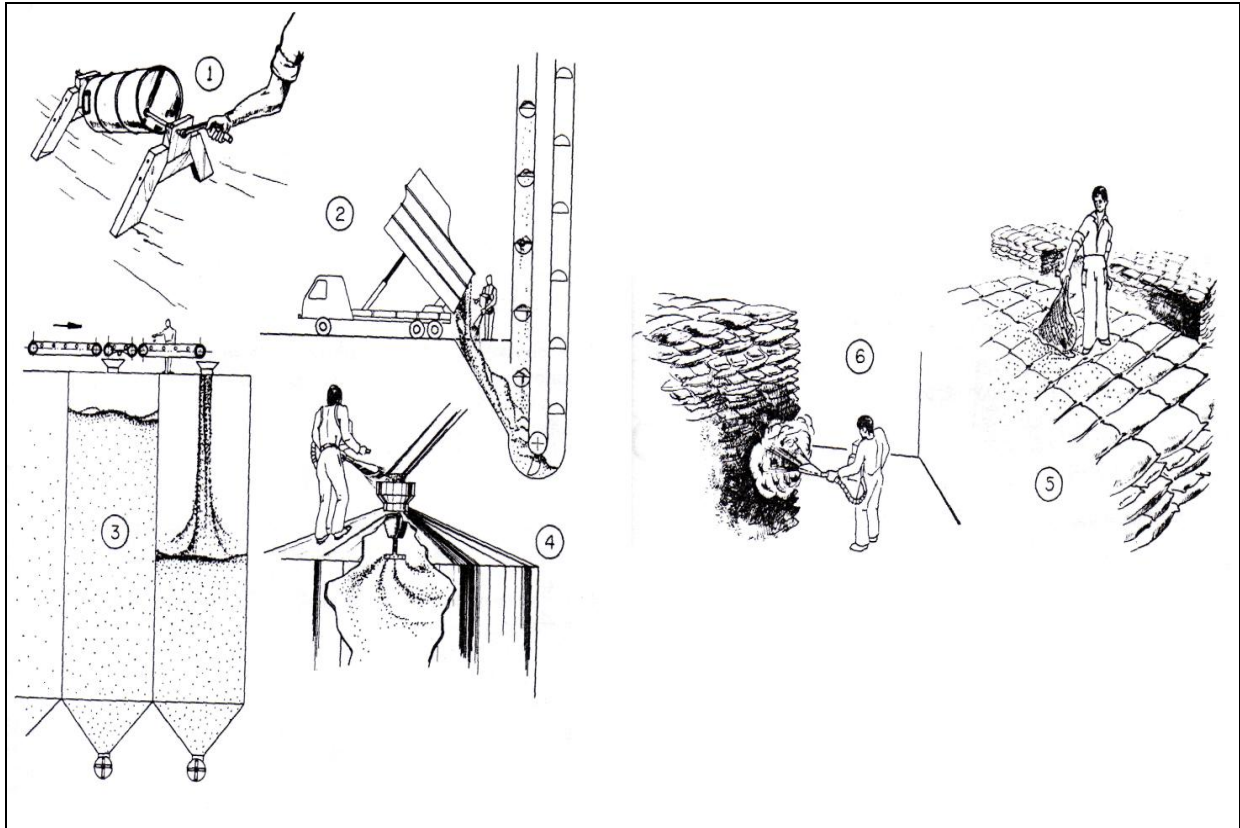


Fig. 1.17 Diferentes formas de incorporación de los insecticidas en material a granel.
(Meyer M. 1990)

La incorporación del polvo insecticida se efectúa de la siguiente manera:

1. En un tambor giratorio con eje excéntrico.
2. Durante la recepción del grano en la tolva de alimentación.
3. Durante el traslado del grano en la banda transportadora.
4. Al momento de la introducción del grano en el silo.
5. Distribuyendo el insecticida en un saco de yute.
6. Tratando las paredes del montón con una espolvoreadora.

1.3.6 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO

El almacenamiento de grano de arroz, en sacos y a la intemperie, es un procedimiento utilizado en los centros de acopio ubicados en zonas de climas secos.

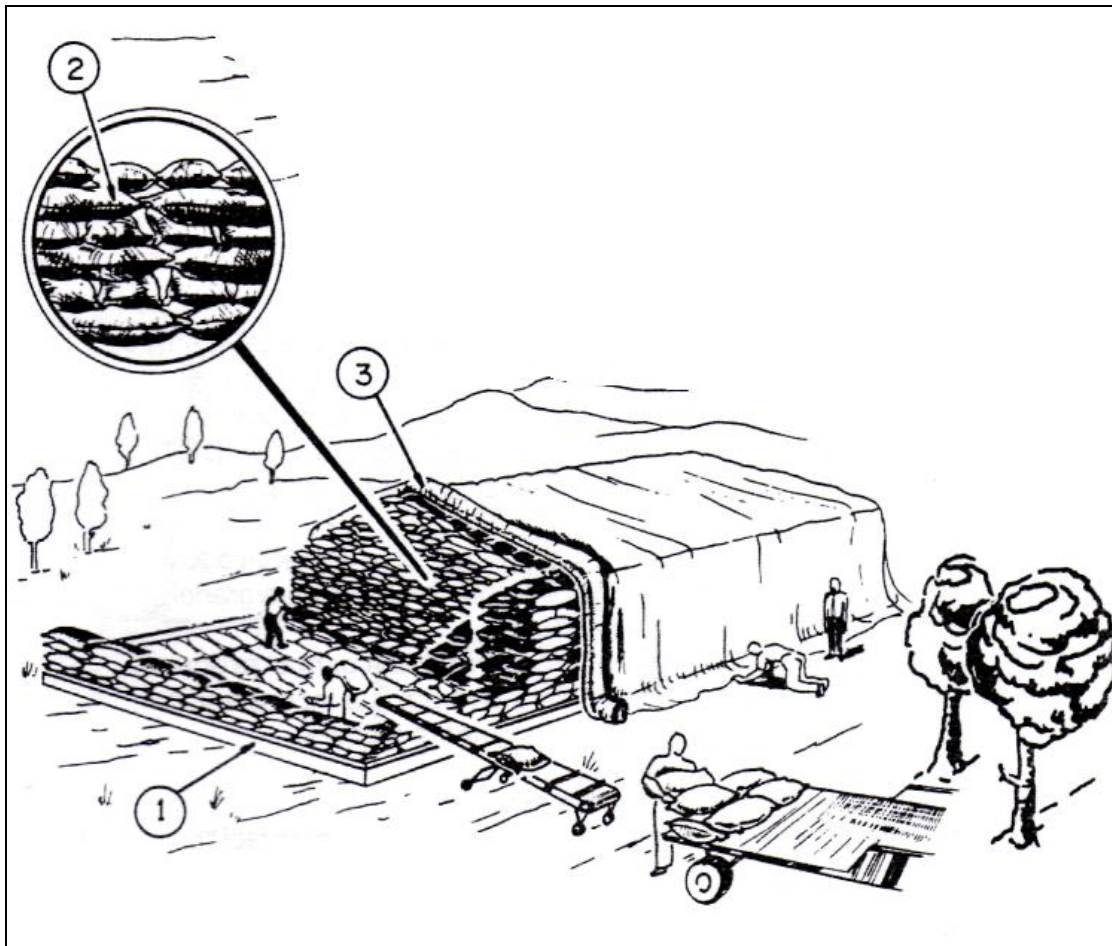


Fig. 1.18 almacenamiento de granos a la intemperie. (Meyer M. 1990)

- 1 El piso debe ser una plataforma de cemento que impida la absorción de la humedad del suelo.
- 2 Los sacos deben colocarse cruzados, bien asentados y con una ligera pendiente hacia adentro.
- 3 El montón se cubre con una lona de plástico reforzado para protegerlo contra la lluvia y el rocío.

Almacenamiento de granos bajo cobertizo

El almacenamiento bajo cobertizo se utiliza para guardar pequeñas cantidades de granos, en climas secos.

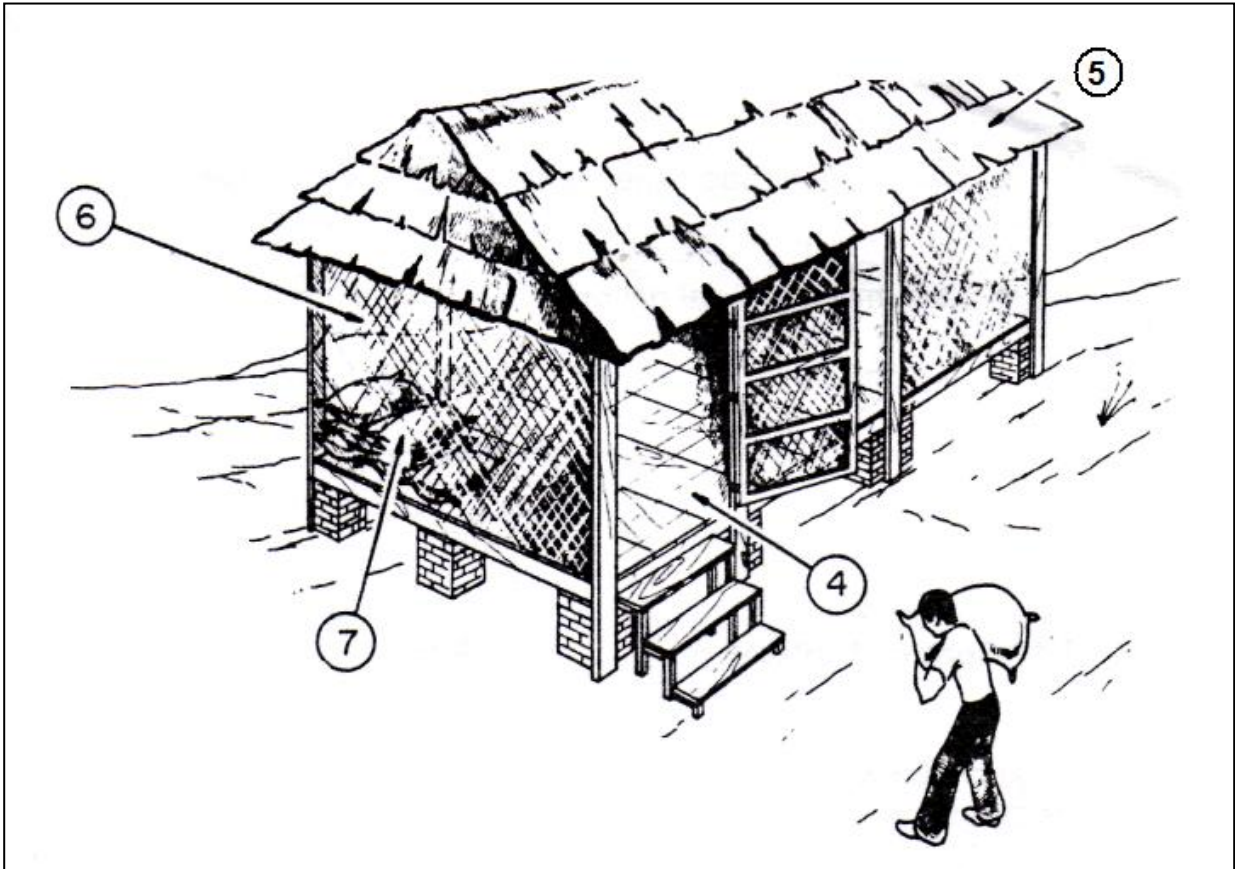


Fig. 1.19 Almacenamiento de granos bajo cobertizo. (Meyer M. 1990).

1. El piso de madera es elevado para que los sacos no absorban humedad.
2. El techo protege los granos de la lluvia y del calor del sol.
3. Las paredes se protegen con malla metálica para impedir el acceso a roedores y pájaros.
4. Los sacos se apilan en forma tal que sea posible espolvorearlos con insecticidas.

Almacenamiento en bodegas

En la bodega, el producto no queda expuesto a la intemperie. Además, el control de las plagas se efectúa con mejores resultados.

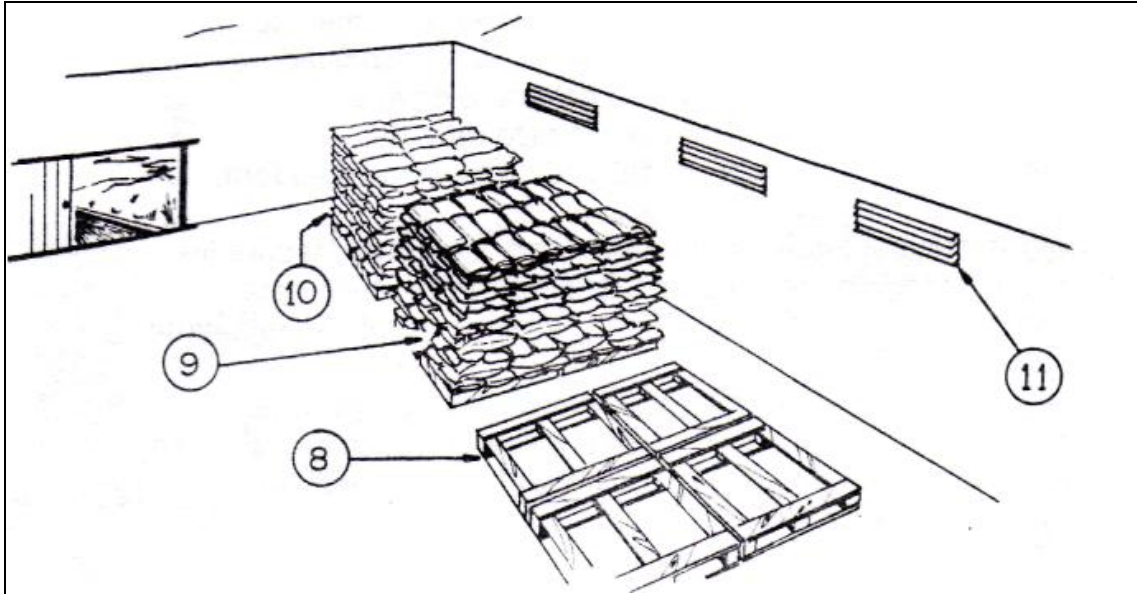


Fig. 1.20 Bodegas para el almacenamiento de granos. (Meyer M. 1990)

1. El estibado se hace sobre tarimas de madera que permitan la circulación del aire e impidan la absorción de la humedad del piso.
2. Los sacos no deben apilarse alrededor de las columnas.
3. Deben dejarse corredores que favorezcan la circulación del aire.
4. Las ventanas deben permitir la ventilación en el interior.

Depósitos para granos a granel

Los depósitos para granos a granel son silos de metal, hormigón o madera. Tienen un fondo cónico o plano. El fondo cónico permita la descarga de silo por gravedad. El silo de fondo plano debe ser descargado manualmente o por medio de transportador de gusano.

Los silos metálicos se emplean, a menudo, en el rancho mismo para la desecación y conservación de granos cosechados mediante cosechadoras modernas. El producto no requiere de una limpieza o clasificación adicional en la recepción. Un ejemplo de una unidad de estos silos es el siguiente:

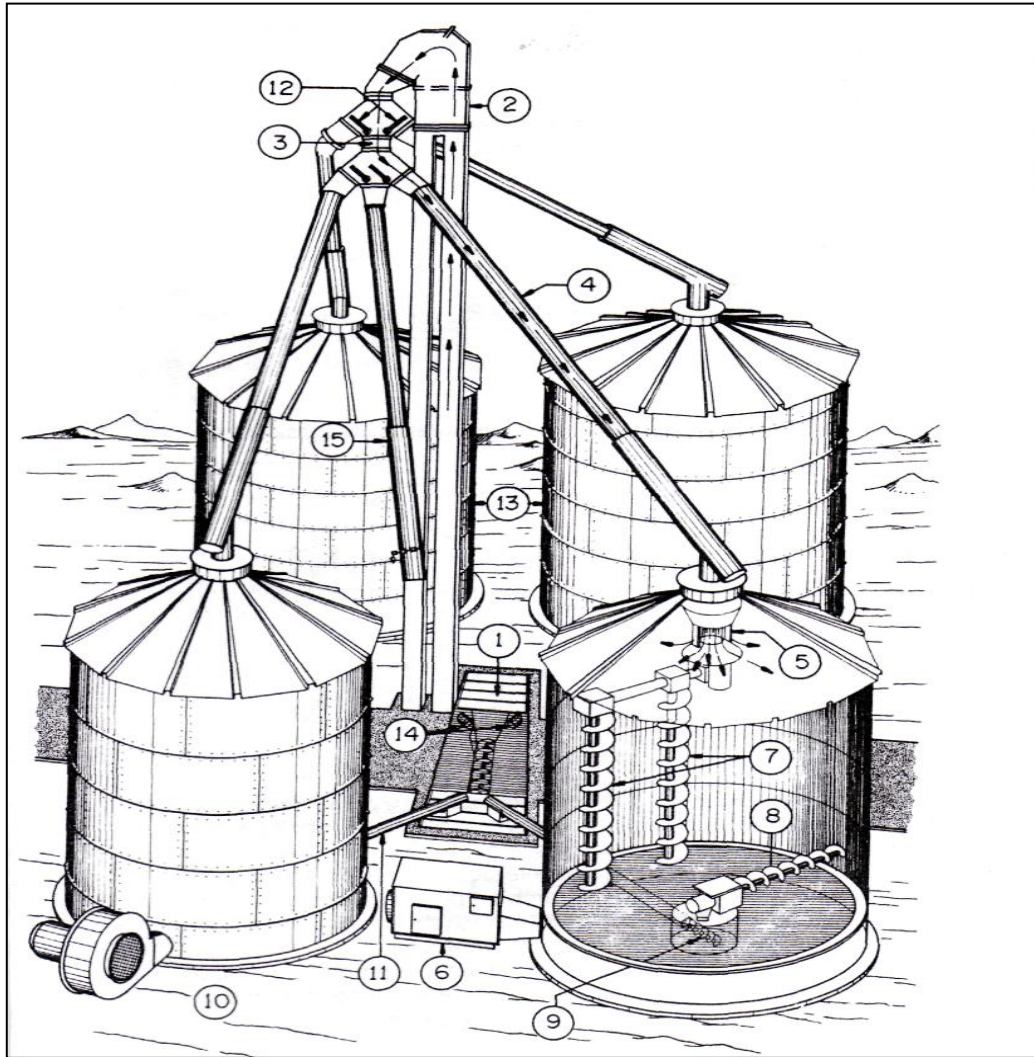


Fig.1.21 Silos metálicos para almacenaje de materiales a granel
(Meyer M. 1990)

1. Tolva subterránea, cubierta por medio de una rejilla. Esta provista de un transportador de gusano en su fondo. Los remolques pueden descargar los granos a granel en la tolva. El gusano alimenta los granos al elevador de cangilones.
2. Elevador de cangilones.
3. Unidad de válvulas con cinco vías.
4. Tubo telescópico que conduce los granos hacia el silo de secado.
5. Distribuidor automático.

6. Equipo secador que mueve aire caliente en el doble fondo y a través de la masa de granos.
7. Gusanos de estribo o agitadores para mover el grano durante el secado.
8. Gusano en el doble piso que después del secado lleva el producto hacia una tolva de descarga en el centro del piso.
9. Gusano horizontal que lleva los granos desecados hacia la tolva subterránea y al elevador de cangilones.
10. Silo de reposo con doble fondo, equipado con un ventilador para uniformar la humedad de los granos secos.
11. Conductor de gusano para llevar los granos secos después del reposo hacia la tolva subterránea y al elevador de cangilones.
12. Mediante el ajuste de las válvulas, se conducen los granos secos a los silos de almacenamiento para su conservación.
13. Bodegas o silos de conservación.
14. Conductores de gusano subterráneos para vaciar los silos de conservación.
15. Tubo telescópico para descargar los granos en remolques.

Este tipo de instalación permite la circulación de los granos en forma automática. También, es posible recircular el producto, por ejemplo, para un secado repetido o en etapas. Además, por debajo de los pisos de doble fondo se pueden introducir pastillas fumigantes en caso de plagas.

1.3.7 Recepción de arroz granza para almacenamiento

En el caso del arroz con cáscara o arroz granza, se emplea a menudo una instalación que permite tanto la limpieza intensiva, como el secado en etapas y el reposo de los granos secos.

El arroz granza tiene en general una humedad de alrededor del 25%. Por eso, necesita un secado intensivo por etapas, para evitar el deterioro de su calidad. Antes de someter el producto al proceso de desecación, es también necesario separar las impurezas, el polvo y demás cuerpos extraños. Como consecuencia, la instalación y el flujo de operaciones son como sigue:

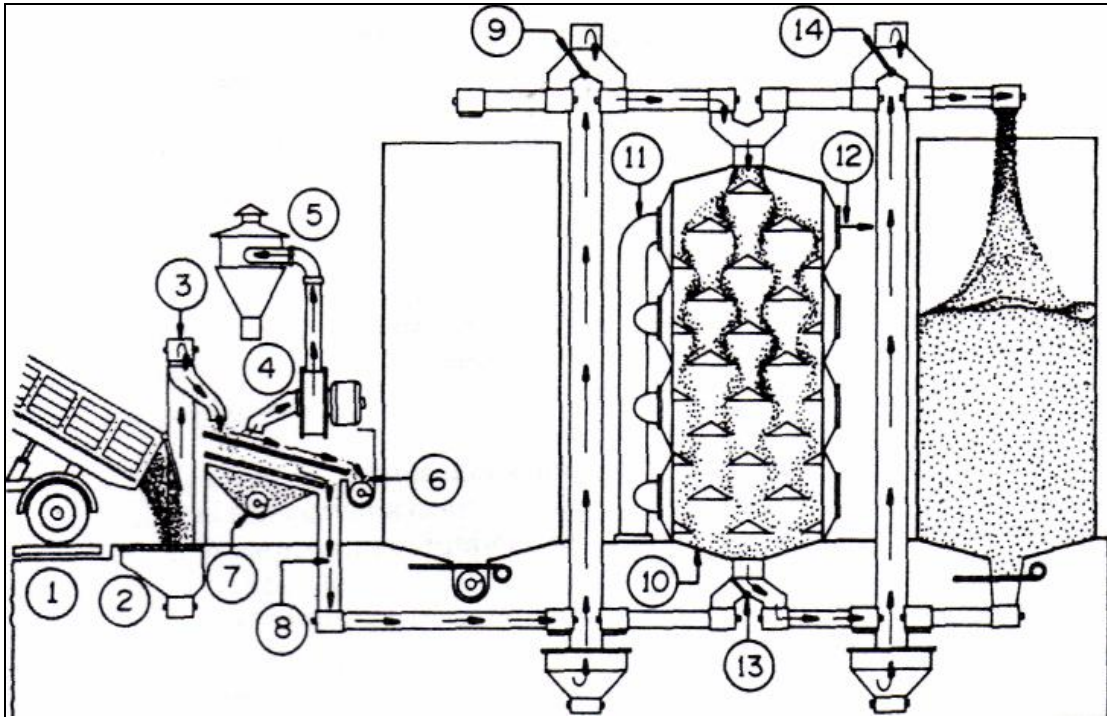


Fig. 1.22 Sistema de recepción, limpieza y almacenamiento de arroz granza. (Meyer M. 1990)

1. Recepción del producto donde se pesa la partida mediante una balanza puente.
2. Tolva subterránea de descarga provista de una rejilla.
3. Elevador de cangilones que Eleva el producto a la unidad de limpieza.
4. Aspirador para separar impurezas livianas.
5. Ciclón para separar las impurezas del aire.
6. Salida de partículas más grandes que los granos.
7. Salida de partículas más pequeñas que los granos.

8. Salida de granos hacia un conductor de gusano que los lleva a uno de los elevadores principales de cangilones.
9. La válvula dirige los granos hacia el secador.
10. Secador tipo cascada. Los granos bajan por gravedad en forma de cascada.
11. Tubos de entrada de aire caliente.
12. Salida de aire saturado de humedad.
13. La válvula dirige los granos secos hacia el otro elevador principal de cangilones.
14. La válvula dirige los granos secos hacia el silo de reposo.

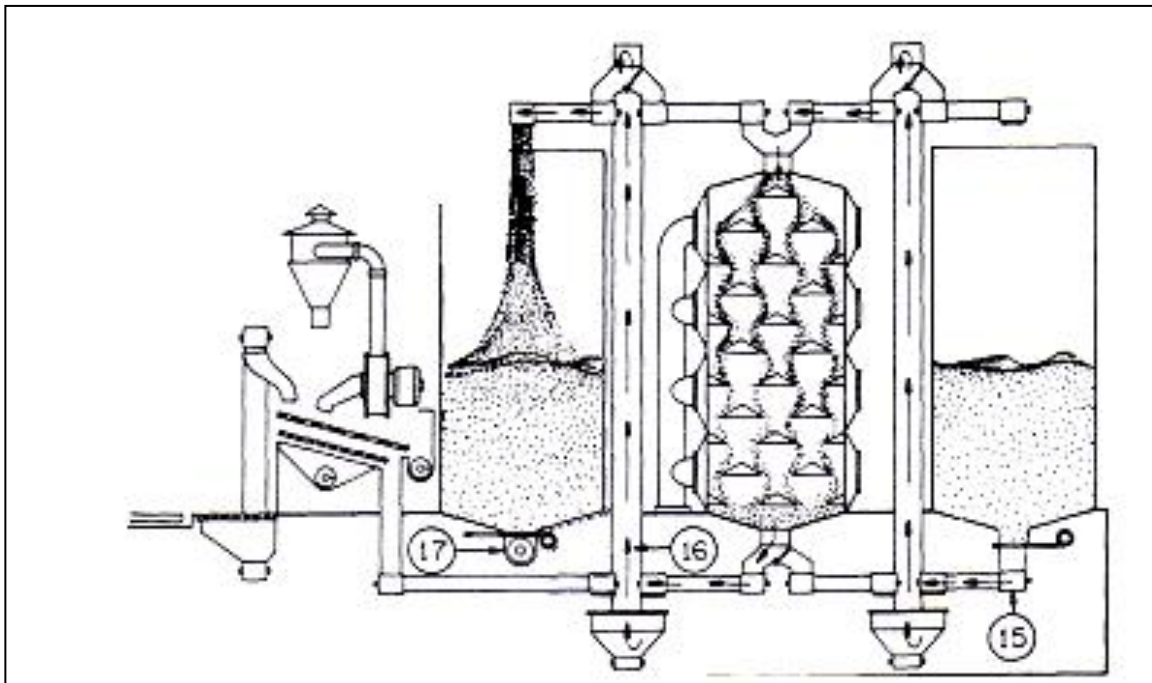


Fig. 1.23 Recirculación de los granos del silo de reposo hacia el secador.
(Meyer M. 1990)

15. Después del reposo, se descargan los granos hacia el elevador de cangilones para la segunda pasada por el secador.
16. Los granos son elevados hacia el silo de depósito.
17. Salida de los granos hacia la planta de procesamiento.

Durante la primera pasada por el secador, el contenido de la humedad baja hasta aproximadamente 20%. Después, se enfría el producto a lo largo de un reposo de 24 horas. Posteriormente, se repite el ciclo de secado por dos o tres veces, hasta alcanzar una humedad de aproximadamente 15%.

En la descarga de los almacenes, se da prioridad a la salida de partidas que no han sido tratadas con insecticidas. Las partidas desinfectadas y de menor humedad se mantienen almacenadas. En caso de que no haya diferencias entre partidas, se descargan primero las que se hayan almacenado durante más tiempo. Al salir del almacén, el producto debe ser pesado nuevamente.

1.3.8 Inspecciones periódicas del arroz granza almacenado.

Durante el almacenamiento, se efectúan inspecciones, a ciertos intervalos de tiempo, para controlar el proceso. Las inspecciones incluyen el control de la temperatura en el almacén, así como posibles ataques de insectos y roedores.

La temperatura del producto se mide con sondas termoelectricas o con termómetros de mercurio amarrados a la punta de una sonda de madera. La temperatura por encima de la temperatura inicial, indica que existe un foco de humedad con desarrollo de hongos y bacterias. La respiración ha aumentado. En este caso, será necesario efectuar el traspaleo del grano, acompañado eventualmente por la desecación y por tratamiento con insecticidas.

1.4 PROPIEDADES DE MASA DE PARTICULAS (Rico Peña, 2007)

Conocer las propiedades que caracterizan un material sólido y el flujo del material en masa de partículas, es necesario para determinar las características del equipo requerido en su manejo, como los son en las operaciones comunes en la **Industria de Proceso Químico (IPQ)** y en la **Industria del Procesamiento de Alimentos (IPA)**.

Entre éstas operaciones se tienen **Transporte, Alimentación, Descarga, Empaque, Embalaje y Almacenaje**, para posterior o previo uso en diversas etapas del proceso industrial, en donde la masa de partículas constituye una de las materias primas de ese proceso, en donde es frecuente aplicar operaciones unitarias.

Entre las propiedades y características del material y de las masas de partículas, que es necesario conocer se tienen propiedades y características físicas y químicas.

1.4.1 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL ARROZ

De las propiedades físicas de los granos de arroz, de mayor importancia se pueden mencionar las siguientes:

- a. Dureza
- b. Fragilidad.

La importancia de las mismas radica en que afectan directamente la calidad del arroz, y son puntos críticos a ser medidos para el procesamiento del mismo.

Además de lo anterior también son puntos críticos para la determinación de la calidad del arroz, características del material como son la forma y el tamaño de las partículas, el arroz es clasificado de acuerdo a la forma de los granos, y dependiendo del mercado al que valla dirigido, así el arroz que presente una forma determinada tendrá calidad o no.

Dentro de las propiedades de masas de partículas para el arroz se puede mencionar lo siguiente:

No forma ángulos de promontorio de masa de partículas, ángulos de reposo, ángulos de caída, diferencia, fricción interna, etc.

1.4.2 PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DEL ARROZ

La determinación y el conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los materiales de trabajo son esenciales para el manejo de los mismos en forma mas eficiente. Para los alimentos el conocimiento de las propiedades físicas es de vital importancia para el manejo, procesamiento y almacenamiento de los mismos. Las propiedades químicas determinan factores tales como el valor nutricional de los alimentos y propiedades de palabilidad de los mismos. Dentro de las más importantes podemos mencionar las siguientes:

Higroscopicidad

Flamabilidad

Fuerzas de Cohesión

Actividad Superficial.

1.4.3 DEFINICIONES Y CÁLCULO DE DENSIDADES DE MASAS DE PARTICULAS.

La densidad de los sólidos se calcula en base al concepto de densidad como la relación de la masa con respecto al volumen ($\rho = m/V$). Las mediciones de masa y volumen en laboratorio deben realizarse con precisión y exactitud, bajo normas de la metrología, con patrones y equipos calibrados. Además de auxiliarse de técnicas estadísticas para garantizar la confiabilidad de la repetitividad de los resultados.

Los sólidos se caracterizan porque se empaquetan de acuerdo al grado de movimiento que presentan, lo que hace que la densidad varíe con el grado de compactamiento de la masa de sólidos, denominándose los diferentes tipos de densidades “**Densidades Volumétricas de Masas de Partículas o Densidades de masa de partículas**”, entre éstas se tienen:

DENSIDAD DE MASA DE PARTICULAS AIREADA (ρ_a). Es la densidad aparente en su grado más alto de soltura.

DENSIDAD DE MASA DE PARTICULAS EMPACADA (ρ_p). Es la densidad aparente después de ser sometido el material a compresión por vibración.

DENSIDAD DE MASA DE PARTICULAS DE TRABAJO O EFECTIVA (ρ_w), esta última es la de mayor uso para efectos de cálculo.

La densidad de masa de partículas de trabajo o efectiva o densidad volumétrica de trabajo se usa como un parámetro de diseño y se evalúa a partir de las densidades aireadas y empacada así:

$$\rho_w = [(\rho_p - \rho_a) \times C] + \rho_a$$

Donde **(C)** es el **factor de compresibilidad** evaluado dividiendo el porcentaje de compresibilidad entre 100.

Flujo Libre

Es el que se caracteriza porque al fluir el material libremente lo hace en forma consistente y estable como si fuera partículas individuales. Para que exista flujo libre se debe cumplir que:

- a. Las partículas deben ser de gran tamaño. Área superficial relativamente pequeña por unidad de masa.
- b. Actividad superficial baja, se refiere a cargas o fuerzas electrostáticas en la superficie de las partículas que hace que éstas se acerquen o peguen unas con otras.
- c. Que las partículas sean homogéneas, uniformes, preferiblemente esféricas.
- d. Debe ser un sólido, preferiblemente seco, no higroscópico.
- e. Partículas de densidad alta (partículas pesadas). Si las partículas no son pesadas se presenta el flujo de inundabilidad.

1.4.4 DETERMINACION DE LA FLUIDIBILIDAD O FLUIDEZ

Es una medida del **grado de fluidibilidad** de un sólido, para su evaluación se necesita conocer las propiedades de fricción, compresión y cohesión siguientes, posteriormente definidas:

- a. Ángulo de reposo
- b. Ángulo de Fricción Interna
- c. Porcentaje de Compresibilidad
- d. Dispersibilidad

a. **Ángulo de Reposo**

Es el ángulo formado entre la horizontal y la inclinación de un promontorio de material seco que ha sido formado dejando caer el sólido desde una altura determinada. Sirve para evaluar: capacidad de silos, flujos para su vaciado y presiones ejercidas en las paredes de éstos. Mientras más alto es el ángulo de reposo menos inundable es el material; es decir la masa de partículas tiene menor fluidez. A menor ángulo de reposo más fluidez tiene el material.

b. **Angulo de Fricción Interna**

Cuando se apilan sólidos granulares sobre una superficie plana, los lados de la pila forman un ángulo definido reproducible con la horizontal, el cual se denomina ángulo de reposo. Idealmente si la masa fuese totalmente homogénea, el ángulo de fricción interna sería igual al ángulo de reposo. En la práctica el ángulo de reposo siempre es menor que el ángulo de fricción interna, debido a que los granos de la superficie exterior están menos empaquetados que los de la masa interior y con frecuencia están más secos y presentan menos adherencia.

b. **Porcentaje de Compresibilidad**

Es una variable que representa el grado de aumento de la densidad aparente de un sólido, dividido en partículas, al ser sometido a agitación brusca con el fin de compactarlo. Para evaluar esta variable debe conocerse la Densidad Empacada (ρ_p) y la Densidad Aireada (ρ_a), luego la compresibilidad se calcula mediante la siguiente relación:

$$\% C = \left[\frac{(\rho_p - \rho_a)}{\rho_p} \right] \times 100$$

d. **Dispersibilidad (D)**

Es la medida directa de la habilidad de un material a inundar o ser fluidizado. Para su medición se toman 10 gr de muestra y se deja caer en masa a través del cilindro desde una altura de 24 pulgadas sobre el vidrio reloj. Se pesa el material que queda retenido en el vidrio reloj. Considerando una alta inundabilidad si hay pérdidas del

50% más en el peso de dispersión y aplicando la ecuación planteada para efectos de asignar el puntaje correspondiente. Hacer la prueba al menos por triplicado.

$$\% D = 100 - (\text{peso remanente en el vidrio reloj en gr}) \times 10$$

1.5 PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ (Meyer M. 1990)

1.5.1 ARROZ PRECOCIDO.

El procesamiento del arroz consiste en la eliminación de la cáscara, del salvado, del germen y de la capa aleurónica del grano. El valor comercial de los granos enteros es superior al de los granos partidos. Por lo tanto, es necesario tener cuidado de que el grano no se quiebre durante su procesamiento.

El procesamiento consiste en una conversión y una molturación del arroz. La conversión tiene como objetivo acondicionar el arroz para aumentar el valor nutritivo del producto elaborado, disminuir la ruptura de los granos y mejorar sus características culinarias.

El arroz granza se remoja en agua a una temperatura de 50°C, durante 6 horas. Luego, este pasa a un tanque de presión, en el cual se cuece parcialmente durante 5 minutos como máximo. La temperatura y la duración del remojo y el tiempo de cocción dependen de la variedad de arroz.

Después de la cocción, el arroz granza se enfría y se seca. El arroz convertido, llamado también precocido, es más resistente al ataque de insectos, se conserva mejor, tiene un color amarillento no se pega durante la cocción y tiene un sabor diferente del arroz no convertido. Durante el precocido, el agua disuelve las vitaminas y los minerales de la cáscara y el salvado. Estos penetran, junto con el agua, en el endospermo, en el cual se conservan.

1.5.2 ETAPAS DEL PROCESO PARA PRECOCIDO DE ARROZ (Ruiz Gallo, 2005)

El proceso para el precocido de arroz granza consta de una secuencia de etapas descritas gráficamente en la figura 4.8 (pág. 122).

A.- RECEPCIÓN

El arroz granza es transportado en camiones desde los centros de acopio hasta la planta de precocido donde se descarga en la tolva de recepción o se dispone un espacio para almacenarla hasta su turno de precocido, en esta etapa se toma muestra de la materia prima que se está recibiendo para su posterior análisis y evaluación del comportamiento de esta en el proceso.

B.- PRE-LIMPIEZA

El arroz recibido pasa a través de un elevador de cangilones a la máquina de prelimpieza, donde se separará las impurezas mayores, grano vano y polvo, este arroz prelimpiado es enviado a través de un elevador de cangilones a uno de los silos de fondo cónico para su almacenamiento y posterior procesamiento.

C.- LAVADO

El Arroz cáscara prelimpiado y almacenado en los silos de recepción es transportado por un elevador de cangilones hasta el lavador de arroz que sirve para remover los granos poco pesados y vanos que tiene, aprovechando que estos flotan al tener menor densidad que el grano bueno a esto se denomina separación hidrogravimétrica, al final del lavado el grano se escurre y mediante un tornillo sinfín de descarga es transportado a la siguiente etapa.

D.- REMOJO

El arroz granza limpio es transportado hasta una batería de 6 tanques de remojo el ingreso del arroz se realiza mediante compuertas automáticas ubicadas sobre la tapa del tanque.

Una vez puesto el arroz dentro del tanque se abren las válvulas que permitirán el ingreso del agua de remojo. Esta agua ha sido previamente calentada en un tanque con serpentín hasta una temperatura adecuada, mediante la inyección de vapor. Una vez dentro del tanque y en contacto con el grano, la temperatura desciende hasta llegar a la temperatura de equilibrio deseada para el remojo, que es de 50 °C. Para lograr mantener esta temperatura durante todo el periodo de remojo, durante 6 horas como máximo para las variedades de arroz procesadas en el país, mayores tiempos de residencia o temperatura generan problemas de calidad en el producto final; se mantendrá una recirculación de agua caliente, con el objetivo de reponer el calor perdido a través de las paredes del tanque. Incrementando así la humedad del grano hasta 30% como mínimo, humedad necesaria para la perfecta gelatinización del almidón de arroz.

Después de finalizada la etapa de remojo se abren las válvulas para el drenado del agua; posteriormente se descarga el arroz húmedo mediante un transportador vibratorio.

E.- GELATINIZACIÓN

En esta operación el arroz es transportado hacia a la tolva dosificadora de la autoclave, luego se abre la válvula rotatoria y se procede a la carga de este, a la vez que se abre otra válvula que permitirá el ingreso del vapor para la aplicación de calor al arroz remojado. Concluido el periodo de vaporizado se abrirá la válvula para aliviar la presión dentro del autoclave.

La humedad que el grano alcanzará al final de esta etapa es cercana a 34 %, La descarga del arroz se realizará mediante una válvula rotatoria que se ubicará en el fondo de la autoclave, enviándolo hasta el transportador vibratorio que lo conducirá hasta la primera etapa de secado.

F.- PRE-SECADO

El primer periodo de secado se realizará a alta temperatura, 62°C (en estado gelatinoso del grano) en un secador continuo, Reduciéndose así el contenido de humedad del arroz hasta un 18 %.

G.- SECADO

El secado continuará a baja temperatura (45-50 Grados Centígrados) en un secador intermitente. Este segundo periodo durará cerca de cuatro horas y con el se reducirá el contenido de humedad del arroz hasta un porcentaje de 12%, el que se considera optimo para su almacenamiento y elaboración. Terminado el secado, el arroz cáscara seco y precocido se almacenará en silos fondo cónico, para su posterior beneficio.

1.5.3 BENEFICIADO DEL ARROZ GRANZA.

Este proceso tiene como materia prima al arroz cáscara precocido secado a 12% de humedad proveniente de la planta de precocido.

Las etapas del beneficio son las mismas que las de un molino de arroz convencional, solo que este proceso resultan más eficientes y con ventajas económicas atractivas.

En la figura 4.9 (pág. 123) se describen gráficamente las etapas que componen el beneficiado de arroz granza.

Las etapas que involucra el proceso de beneficio son las siguientes:

A.- DESCASCARADO

En esta operación el objetivo es retirar la cascarilla que cubre al grano, para ello se usa una máquina denominada descascarilladora que actúa sobre el grano usando dos rodillos que giran a gran velocidad mientras el flujo de grano pasa entre ellos. Debido a las etapas de precocido el grano está hinchado y por ellos su cáscara está floja y será más fácil de retirar.

El producto de esta etapa contiene el grano descascarado (arroz Integral), Cascarilla y algo de arroz en cáscara (granza). A esta etapa ingresa también un retorno de la separación gravimétrica constituida casi totalmente por arroz cáscara (96%)

B.- SEPARACIÓN DE LA CASCARILLA

Para separar la cascarilla se usan equipos llamados Aventadores o Circuitos que por aspiración separan la cascarilla producida en el descascarado dejando libre una mezcla de arroz integral y granza, que pasara a la etapa de separación gravimétrica; dicha mezcla tiene un nivel de descascarado de 93%.

C.- SEPARACIÓN GRAVIMÉTRICA

Esta operación se lleva acabo en la mesa gravimetría o mesa granza (MP - 1), donde el principio de separación es la diferencia de pesos específicos entre el arroz integral y el arroz cáscara, los productos de esta separación lo constituyen el arroz integral y la corriente de retorno, que es en su mayoría arroz cáscara (96%); dicho retorno va hacia la etapa de descascarado.

La ventaja del arroz precocido en esta operación es que al ser uniforme la masa del grano integral es más diferenciado en su separación del arroz cáscara mejorándose también el flujo de retorno obtenido.

D.- PULIDO

A esta etapa ingresa la corriente de arroz integral para ser pulido, aquí se obtiene el polvillo o afrechillo como subproducto y una corriente de arroz pulido que representa la producción directa del lote.

Luego este mismo flujo es conducido hacia la hidropulidora o polichadora, en la cual se efectúa el pulido al agua. Lo que acontece en este periodo es la fricción de los granos en un medio de agua nebulizada que da el acabado final removiendo capas más intimas y produciendo polvillo más fino. También se logra con esta etapa el control del nivel de blancura u opacidad que se le pretenda dar al grano, produciendo un nivel de homogeneidad en todo el volumen trabajado.

El blanqueado o pulido de arroz precocido es algo dificultoso dado que el proceso de precocido le confiere al grano cierta dureza lo que lo hace compacto y por ello se

pule poco en un tiempo de residencia corto, los rangos de pulido están comprendidos entre 6 % a 8 % en función a cuanto se requiera el grado de pulido final y también en cuanto a la calidad que se quiera dar a la presentación.

Para retirar el polvillo se usa la succión desde el pulido, enviándolo hasta ciclones donde es recuperado, pesado y envasado.

E.- CLASIFICACIÓN

Esta operación a veces resulta opcional como que para otros casos resulta factible su uso para separar gran parte del grano partido y dar una buena calidad al producto terminado.

Los equipos utilizados en esta etapa son un separador cilíndrico y cilindros clasificadores, que consisten estructuralmente en cilindros con perforaciones en las cuales se alojan fracciones de grano que gracias a la velocidad rotacional son llevados hacia un colector desde donde son transportados separándolos así del producto; en una primera fase se separa los materiales considerados como impurezas o materias extrañas y luego se clasifica el grano partido por fracciones de un cuarto, media y tres cuartos respecto a la longitud del grano.

F. SELECCIÓN POR COLOR.

Esta etapa resulta ser necesaria, y da el acabado final al producto, consiste en retirar los granos quemados (oscuros), así como defectos conocidos como tiza y panza blanca.

Para ello se usa una selectora electrónica por color de un solo pase que posee sensores ópticos capaces de detectar los defectos y actuar con una respuesta expulsando aire hacia la corriente de entrada retirando el grano defectuoso de esta.

Se conoce que el proceso de precocido reduce los defectos a un nivel de 0 % y que solo produce grano quemado (ardido) por un mal manejo de la gelatinización, y aún así también dependerá de la materia prima que se procese.

G. ENVASADO

En esta operación se da la presentación final al producto que puede ser mediante el uso de balanzas y máquinas cosedoras en sacos de 50 kilos o menos, o mediante una empacadora automática que brinda la ventaja de envasar el producto en paquetes de 5, 2, y hasta un kilo. En conclusión la etapa del envasado depende del tipo de mercado al que este dirigido este producto, y por ello puede usar tecnología muy variada brindándole al producto nivel y calidad de presentación.

1.5.4 CARACTERÍSTICAS DEL ARROZ PRECOCIDO

Sus características son de apreciable comparación respecto a las propias del arroz blanco, revelando cambios trascendentales de lo conocido en la molinería tradicional.

A.- CALIDAD EN LA ELABORACIÓN.

El cambio más notable que se produce durante el sancochado es la gelatinización del almidón y la desintegración de cuerpos proteicos en el endosperma. El resultado es que el almidón y las proteínas se expanden y llenan los espacios de aire internos. Las fisuras y las grietas del endosperma quedan cerradas, el grano queda translúcido y se endurece. Ello reduce al mínimo el número de granos quebrados durante la molienda.

El arroz precocido, siendo más duro, requiere más tiempo o fuerza, por ende más energía para el pulimento. El salvado es más pegajoso, eso puede atorar la pulidora, por que el contenido de aceite del salvado en el arroz sancochado es aproximadamente del 20 a 30%, frente al 15 a 20% en el salvado del arroz crudo.

B.- ASPECTOS NUTRICIONALES.

Se ha demostrado que las vitaminas B solubles en agua abundan más en el arroz precocido elaborado que en el arroz crudo elaborado.

Estudios acerca de la Tiamina muestran que durante el proceso de precocido 50 a 90 % de la Tiamina en el embrión y el salvado se transfieren al interior del

endosperma por lo que puede ser obtenido un arroz precocido elaborado con un alto contenido de Tiamina. Esto muestra por qué los habitantes de las regiones donde el arroz precocido constituye la dieta diaria gozan de muy buenas condiciones físicas y de salud.

C.- MANTENCIÓN DE LA CALIDAD.

La dureza y compactación del endosperma mejoran la calidad de almacenamiento del arroz procesado ya que es menos susceptible a absorber humedad.

Las pérdidas de vitaminas B durante el almacenamiento son menores en arroz precocido que en arroz crudo.

El arroz precocido, por ser más duro, es más resistente al ataque de insectos durante el almacenamiento.

VENTAJAS

A.- VENTAJAS NUTRITIVAS Y ECONÓMICAS.

Existe una gran diferencia entre el contenido de vitaminas del arroz precocido y el arroz blanco común. Esta diferencia es más del doble.

Los granos se endurecen, adquiriendo gran resistencia, razón por la cual los granos quiebran menos durante el proceso.

Debido al grado de limpieza que es sometido el arroz precocido, el producto con cáscara no contiene impurezas. Así mismo se obtiene una mejor capacidad de almacenamiento en silos o almacenes destinados a conservar el arroz.

Menor vulnerabilidad a la contaminación infecciosa por insectos. El almidón que el arroz contiene, al convertirse en gelatina por el proceso de vaporización, torna los granos duros después de secos, motivo por el que resulta difícil que los insectos piquen o trituren los granos; es por eso que el arroz precocido puede ser almacenado por largos periodos libre de insectos.

Rendimiento en la cocción. Conforme fue explicado, debido al contenido de almidón en el arroz se torna gelatinoso en el proceso de precocido, los granos adquieren mayor poder de absorción y tiende a mantenerse cuando es cocido, mas separados y sueltos que los granos no precocido. Así mismo fue comprobado que al cocinar, el arroz precocido da un rendimiento de 12 % a 23 % más que el arroz común.

La pérdida de nutrientes durante el lavado (en casa) es reducida.

Las pérdidas de sólidos en el agua de cocción son reducidas y los granos se mantienen enteros.

También se ha podido comprobar que por repetidos análisis efectuados con diferentes tipos de arroz precocido, se obtiene de 10 % a 15 % más de granos enteros. Económicamente hablando, se multiplica el aumento de arroz entero y el arroz quebrado, es multiplicado este resultado por el número de kilos a ser pasados por el proceso de precocido, y se puede verificar una gran ventaja resultado de este último. Los granos previamente clasificados en el campo (yesados y opacos) en su mayoría son vulnerables en el proceso de beneficio del arroz no precocido. Algunos, en tanto, se quiebran en pequeñas partículas, en el proceso de beneficio de arroz precocido, apareciendo como quebrados, en vez de polvillo, representando un mejor valor económico. Casi todos estos granos clasificados continúan manteniéndose como granos enteros, sin que se quiebren.

B.- VENTAJAS COMERCIALES

El arroz precocido pulido aumenta hasta 5 % en su peso, en el rendimiento general, en comparación con el mismo tipo de grano descascarado y pulido por un proceso común.

La cantidad que granos que se quiebran se reduce al 10% como máximo del total del rendimiento general del arroz al ser descascarado y pulido.

El arroz precocido consigue mejores precios, por su mayor poder nutritivo resultante de la introducción en el grano con cáscara de vitaminas, proteínas y minerales existentes en el germen y en polvillo por el proceso de precocido.

Al aumentar el poder nutritivo, el arroz precocido posee otras ventajas sobre el arroz común, tales como:

- ❑ Mejor aspecto debido a la eliminación de granos con panza blanca
- ❑ Mejor conservación, pues ofrece mayor resistencia al ataque de insectos.
- ❑ Mejores propiedades culinarias.
- ❑ Mayor rendimiento de granos enteros durante su beneficio, produciendo mayor valor en venta en el mercado.
- ❑ Es posible adquirir en el mercado tipos de arroz en cáscara más baratos, pues no importa que estén malos o dañados por la forma inadecuada del secado, puede que estén manchados o ardidos.
- ❑ Durante el proceso de maceración y su posterior vaporización con aplicación de presión, el almidón contenido en el arroz se torna gelatinoso, se consigue así mismo eliminar la opacidad del grano, tiza, panza blanca, también se consigue mayor dureza después de seco, posibilitando a que se quiebren en una proporción mucho menor durante el proceso de pulimento.

C.- VENTAJAS SOCIALES

La principal ventaja social es la referida a la prevención de enfermedades como el beriberi y otras causadas por la desnutrición, esto gracias a la mejora de la dieta común de la población, que disminuiría la tasa de desnutrición y además la de mortalidad. Reflejándose un mayor nivel de salud en la población.

Mejoras en los programas nacionales de distribución de alimentos, que brindarían este producto a los pueblos menos favorecidos.

Mejora del nivel industrial de los molinos de arroz, debido a los conocimientos y tecnologías adquiridas con este proceso que dan a este sector industrial ventajas apreciables para la inversión extranjera y negociación internacional.

Apertura de una nueva cadena comercial que involucra al arroz precocido y a sus subproductos, esto genera de por si inversión y mas trabajo para la población tanto profesional como no calificada.

1.6 ESCALAMIENTO DE PLANTA PILOTO A PLANTA INDUSTRIAL (Universidad de Maracaibo 2000)

1.6.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE PLANTA PILOTO

Una Planta Piloto es una planta de procesos industriales a escala reducida. Al construir, operar y realizar ensayos en una Planta Piloto se busca generar y obtener información sobre los procesos estudiados, necesaria para usarla luego en el diseño y la optimización de plantas industriales a escala real.

Los componentes que constituyen una planta piloto para el precocido y beneficiado de arroz granza se describen a continuación, estos equipos operan bajo los mismos principios que los equipos a escala industrial, la diferencia la hacen el tamaño de los equipos y que los equipos para planta piloto operan de forma discontinua.

En anexo **F** puede verse con mayor amplitud lo descrito en este apartado

Secador de bandejas

El secador tiene como objetivo la disminución del contenido de humedad del arroz granza. Hasta obtener un arroz granza con un contenido de humedad inferior a 14%. Un secador a nivel de planta piloto lo que se busca es conocer la humedad en la cual el arroz granza entra a proceso, todo esto se logra con curvas de secado que anteriormente se han obtenido mediante pruebas experimentales. Mediante una curva de secado se puede conocer cual es el tiempo que se necesita para que el arroz granza llegue a la humedad deseada para su posterior procesamiento.

Básculas

Tiene como función principal el pesado de las muestras a analizar. Normalmente son de 1000 gramos de capacidad. Las básculas que en la planta piloto se utilizan son balanzas granatarias, o balanzas semi analíticas.

Agitador de Cribas.

Su función es la separación de grano por diferencias de tamaño, depositando a un lado el grano quebrado y por otro lado el grano entero.

Limpiadora de grano.

Es un separador que funciona por gravedad. El grano es depositado en la parte superior del limpiador, en la cual hay un soplador que separa las impurezas del grano como lo son basura, polvo, etc.

Hervidor.

El arroz granza es depositado en el hervidor, como proceso previo al precocido con vapor a alta presión.

Pulidor

Tiene como funciones

Blanquear: remoción de las capas de la semolina del arroz integral para obtener el arroz blanco.

Pulir: abrillantar los granos del arroz después del blanqueado.

1.6.2 BENEFICIADO DE ARROZ A NIVEL INDUSTRIAL. (Meyer M. 1990)

Las operaciones de beneficiado se realizan en una instalación cuya construcción y funcionamiento se describe en la figura 1.24

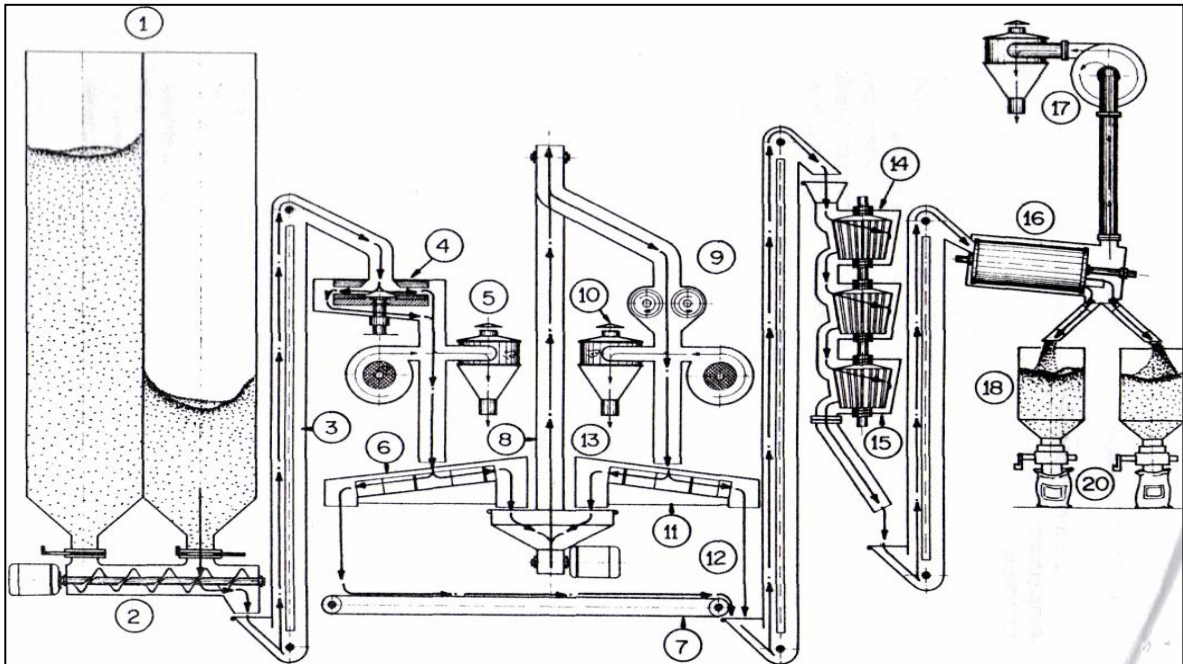


Fig. 1.24 proceso a escala industrial del beneficiado de arroz. (Meyer M. 1990)

La descripción de las distintas etapas que componen el proceso descrito en la figura 1.23 se numeran a continuación.

1. Silos de almacenamiento del arroz granza seco.
2. Conductor de gusano para la descarga de los silos.
3. Elevador de cangilones.
4. Descascarillado de dos piedras.
5. Trampa de cáscaras y cascarillas de tipo ciclón.
6. Mesa vibratoria. Los granos descascarados bajan, los no descascarados, suben.
7. Banda transportadora que lleva los granos descascarados al elevador de cangilones.

8. Elevador de cangilones que lleva los granos no descascarados hacia una máquina descascarilladora.
9. Descascarilladora equipada con rodillos de caucho.
10. Trampa para cáscaras y cascarillas de tipo ciclón.
11. Mesa vibratoria. Los granos descascarados bajan, los no descascarados, suben.
12. Salida de granos descascarados. listos se juntan con los granos descascarados anteriormente.
13. Los granos con cáscara vuelven hacia la descascarilladora para otro tratamiento.
14. Máquina blanqueadora.
15. Máquina pulidora.
16. Máquina que separa los granos quebrados de los enteros.
17. Aspiradora con trampa para los residuos de harina.
18. Recipiente para arroz blanco entero.
19. Recipiente para granos quebrados.
20. Pesado y envasado automático

La primera máquina descascaradora consta de dos piedras. La superficie de éstas es abrasiva. La piedra superior es estacionaria. La piedra inferior gira. El arroz granza entra en el espacio entre las piedras, a través de la abertura central en la piedra superior. La distancia entre las piedras es ajustable para aumentar y disminuir la agresividad de la acción.

Luego, el material pasa por una corriente de aire, que permite separar las cáscaras del flujo de granos. Los granos caen al centro de la mesa vibratoria. Esta mesa separa los granos descascarados de los granos con cáscara. Los últimos son trasladados hacia una segunda máquina descascaradora y mesa vibratoria.

Los granos descascarados pasan luego por dos o más máquinas blanqueadoras en serie. Estas consisten en una piedra cónica, que gira en un tambor cónico. El arroz se fricciona entre la piedra y la pared del tambor.

Después, el arroz pasa por una máquina pulidora similar a las blanqueadoras, pero con un cono rotativo de madera recubierto con cuero. Permite obtener granos con superficie lisa.

Luego, el arroz pasa por una máquina clasificadora que consta de un cilindro provisto de alvéolos para separar los granos enteros de los quebrados.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL DEL PROYECTO

Esta etapa fue realizada en dos laboratorios de El Salvador, la determinación de la humedad, curvas de humedad, densidad del arroz granza, densidad del arroz blanco, y la determinación de la fluidibilidad del arroz se realizaron en la Planta Piloto de la Escuela de Ingeniería Química de La Universidad de El Salvador, y las pruebas de calidad del arroz granza tales como: determinación de Impurezas, porcentaje de Cascarilla, Rendimiento de Arroz Integral/ arroz granza, Determinación de Arroz entero /Arroz Quebrado, Determinación de arroz Yeso, y la Determinación de arroz Rojo se realizaron en los laboratorios de CENPOSCO (San Salvador.)

2.1 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE MASA DE PARTÍCULAS (Rico Peña. 2007)

Conocer las propiedades que caracterizan al arroz y su flujo en masa de partículas, es necesario para determinar las características del equipo requerido en su manejo. Entre estas operaciones se tienen **Transporte, Alimentación, Descarga, Empaque, Embalaje y Almacenaje**, para posterior o previo uso en diversas etapas del proceso industrial, en donde la masa de partículas de arroz granza constituye la materia prima del precocido y beneficiado de arroz, en donde es frecuente aplicar operaciones unitarias.

Entre las propiedades y características del material y de las masas de partículas, que es necesario conocer se tienen propiedades y características físicas y químicas.

2.1.1 DENSIDAD DEL ARROZ GRANZA Y DEL ARROZ BLANCO

Densidad de Masa Aireada. Para determinarla se hizo uso de un aparato de volumen conocido cuyas dimensiones de anchura largo y profundidad son respectivamente: (12.0x11.9x7.0) cm, al cual se le agrega el material a medir en el recipiente superior para que pase a través de una malla 10 hacia el contenedor

inferior, luego se rasa y se pesa. Antes de pesarse el contenedor inferior vacío y deberá determinarse su volumen interno para aplicar el concepto de densidad igual a masa entre volumen. Se hacen al menos tres repeticiones para cada densidad a medir y se promedian.

Densidad de Masa Empacada : Luego de rasado y pesado el contenido del contenedor inferior, en cada una de las pruebas se somete el equipo a vibración por 5 minutos y se sobrellena el espacio que queda vacío, se vibra nuevamente por 5 minutos, se vuelve a sobrellenar, se rasa y se pesa. Repetir la prueba al menos tres veces y tomar el promedio como el valor de la Densidad de Masa Empacada.

Vol. = área de la base x altura

$$\text{Vol} = 12 \text{ cm} \times 11.9 \text{ cm} \times 7.0 \text{ cm} = 999.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Para la muestra 1

$$\text{Densidad} = \frac{558 \text{ g}}{999.6 \text{ cm}^3} = 0.558 \text{ g/cm}^3$$

De la misma manera para todos los datos

Cuadro 2.1 Densidad de Masa Aireada del Arroz Granza Seco

Volumen cm ³	Masa g	Densidad g/cm ³
999.6	558	0.558
999.6	548.5	0.549
999.6	564	0.564
999.6	555	0.555
Promedio	555.83	0.556

Cuadro 2.2 Densidad de Masa Empacada de Arroz Granza

Volumen cm³	Masa g	Densidad g/ cm³
999.6	649.2	0.649
999.6	666	0.666
999.6	664	0.664
Promedio	659.73	0.660

Cuadro 2.3 Densidad de Masa Aireada del Arroz Blanco

Volumen cm³	Masa g	Densidad g/ cm³
999.6	811.5	0.812
999.6	802	0.802
999.6	815	0.815
Promedio	809.50	0.810

Cuadro 2.4 Densidad de Masa Empacada de Arroz Blanco

Volumen cm³	Masa g	Densidad g/ cm³
999.6	912	0.912
999.6	921	0.921
999.6	904	0.904
Promedio	912.33	0.913

2.1.2 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD DEL ARROZ (Rico Peña 2007)

Es una medida del **Grado de fluidibilidad** de un sólido, para su evaluación se necesita conocer las propiedades de:

- a. Angulo de Reposo
- b. Angulo de Fricción Interna
- c. Porcentaje de Compresibilidad

Carr (1965) desarrolló una metodología basada en el estudio de las características y propiedades de más de 1000 tipos de materiales en forma de masa de partículas, en las publicaciones de su estudio, se resumen en Anexo B, los rangos de asignación de valores de cada una de las propiedades a evaluar, para la posterior clasificación del material en su correspondiente **grado de fluidibilidad**.

a. Ángulo de Reposo

Es el ángulo formado entre la horizontal y la inclinación de un promontorio de material seco que ha sido formado dejando caer el sólido desde una altura determinada. Sirve para evaluar: capacidad de silos, flujos para su vaciado y presiones ejercidas en las paredes de éstos. Mientras más alto es el ángulo de reposo menos inundable es el material; es decir la masa de partículas tiene menor fluidez. A menor ángulo de reposo más fluidez tiene el material.

a.1 Medición del Angulo de Reposo

Para medir el ángulo de reposo se deja caer el material particulado desde 20 cm de altura y se realiza la medición por medio de un transportador, de tamaño adecuado al promontorio formado.

Se deben realizar tantas medidas, de tal forma que se obtenga un valor repetido, el cual se constituye en la moda estadística de los datos tomados. Al igual puede tomarse el promedio aritmético de las medidas más cercanas entre sí. El mínimo de las medidas a tomar para confiabilidad estadística de datos es de 20.

a.2 Medición del Ángulo de Caída

Se mide después del ángulo de reposo. Es el nuevo ángulo que alcanza el promontorio de sólidos, después de un golpe, sobre la superficie que lo contiene, el cual es producido por un peso estandarizado de 111 gr, que se deja caer 5 veces antes de hacer la medición.

b. Angulo de Fricción Interna

Cuando se apilan sólidos granulares sobre una superficie plana, los lados de la pila forman un ángulo definido reproducible con la horizontal, el cual se denomina ángulo de reposo. Idealmente si la masa fuese totalmente homogénea, el ángulo de fricción interna sería igual al ángulo de reposo. En la práctica el ángulo de reposo siempre es menor que el ángulo de fricción interna, debido a que los granos de la superficie exterior están menos empaquetados que los de la masa interior y con frecuencia están más secos y presentan menos adherencia.

La expresión matemática utilizada para el cálculo de

$$L_c/d_t = \tan \alpha$$

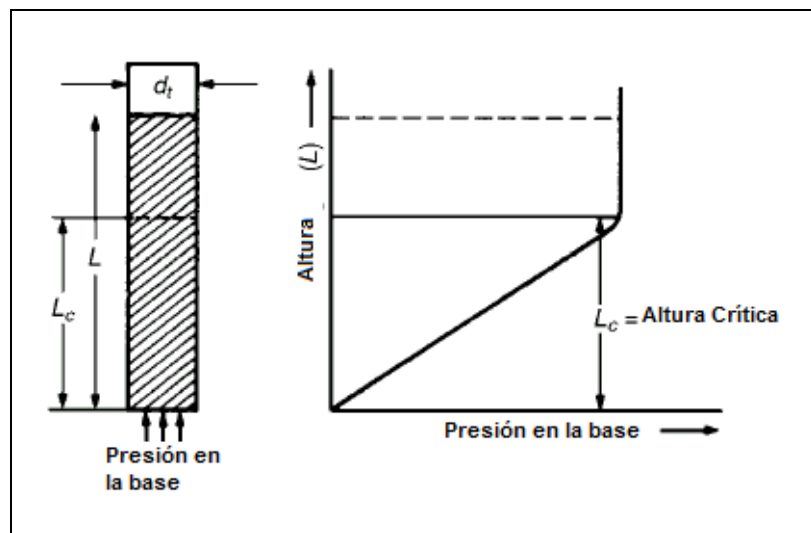


Fig. 2.1 Angulo de Fricción –Presión en la Base de la Columna

Ref. Coulson and Richardson's (2007)

En el cuadro 2.5 se muestran los resultados obtenidos para la prueba de ángulo de fricción interna, la presión en la base de la columna de granos se calculó usando la

formula siguiente: $P_{base} = \frac{m \cdot x \cdot g}{A_{base}}$, donde:

P presión en la base de la columna de arroz granza

m masa de arroz en la columna

A área de la base de la columna

El área de la base se calcula usando la siguiente fórmula: $A_{base} = \frac{\pi D^2}{4}$

Ejemplo de cálculo:

Datos:

Diámetro de la base de la columna, D= 0.06m

$$A_{base} = \frac{3.1416 \times (0.06m)^2}{4} = 0.002827m^2$$

Para el cálculo de la presión en la base se usa la expresión siguiente: $P_{base} = \frac{m \times g}{A_{base}}$

Ejemplo de cálculo

Datos:

Masa: 0.0884kg

Gravedad: 9.8 m/s²

Área de la base: 0.002827m²

$$P_{base} = \frac{0.0884kg \times 9.8m/s^2}{0.002827m^2} = 306.44N$$

Cuadro 2.5 Presión en la Base de una Columna de Arroz

Determinación del Angulo de Fricción interna (α) del Arroz Blanco		
L(m)	M (kg)	Presión en la Base (N)
0.037	0.0884	306.444995
0.08	0.176	603.9670171
0.118	0.2652	910.0684827
0.152	0.0884	303.3561609
0.188	0.442	1516.780804
0.225	0.5304	1820.136965
0.261	0.6188	2123.493126
0.296	0.7072	2426.849287
0.331	0.7956	2730.205448

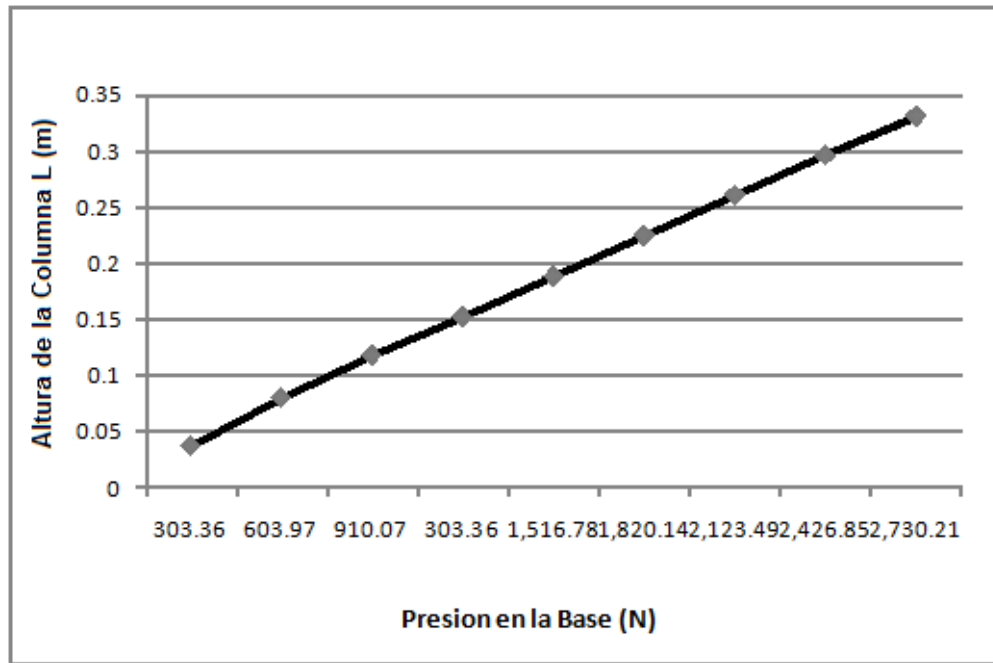


Fig. 2.2 Cambios de Presión vs. Altura crítica de la columna de arroz

Como se puede observar en la figura 2.2 en todo momento la presión en la base es directamente proporcional a la altura en la columna lo que indica que el arroz granza tiene la capacidad de fluir libremente no importando el ángulo de la tolva en la que éste es depositado.

c. Porcentaje de Compresibilidad

Es una variable que representa el grado de aumento de la densidad aparente de un sólido, dividido en partículas, al ser sometido a agitación brusca con el fin de compactarlo. Para evaluar esta variable debe conocerse la Densidad Empacada (ρ_p) y la Densidad Aireada (ρ_a), luego la compresibilidad se calcula mediante la siguiente relación:

$$\% C = \left[\frac{(\rho_p - \rho_a)}{\rho_p} \right] \times 100$$

en donde:

ρ_p : Densidad empacada

ρ_a : Densidad aireada

C: Factor de compresibilidad

d. Dispersibilidad del Arroz

Para su medición se toman 10 gr de muestra y se deja caer la masa a través del cilindro de 10.16 cm de diámetro y 33.02 cm de longitud, desde una altura de 60.96 cm sobre el vidrio reloj de diámetro de 10.16 cm ubicado a 10.16 cm del tubo. Se pesa el material que queda retenido en el vidrio reloj. Hacer la prueba al menos por triplicado y calcular la Dispersibilidad del material así:

$$\% D = 100 - (\text{peso remanente en el vidrio reloj en gr}) \times 10$$

Cuadro 2.6 Resultados del ensayo para la medición de la Dispersibilidad del arroz.

Muestra	Fuera del vidrio (g)	Dentro del vidrio (g)	% Dispersibilidad
1	3.6	6.4	36
2	3.56	6.44	35.6
3	3.6	6.4	36
4	4.06	5.94	40.6
5	3.58	6.42	35.8
Promedio	3.68	6.32	36.8

2.2 Determinación de Humedad y Curvas de Secado para Arroz Granza

La determinación de la humedad en granos está basada en la pérdida de peso (agua) que el grano experimenta en presencia de aire seco (con menor humedad que los granos) y caliente, como el aire se encuentra con una menor humedad que el grano se da una migración del agua contenida en el grano hacia el exterior (aire seco) esta migración cede cuando se da un equilibrio entre el grano y el aire. Es decir tanto el grano como el aire tienen la misma humedad cuando llegan al equilibrio.

Para la determinación de la humedad y curva de secado para el arroz granza se realizaron por métodos gravimétricos, utilizando arroz húmedo.

Centro Universitario "José Martí", Cuba (2007)

Procedimiento para la determinación de la Humedad del Arroz Granza

En que se basa la determinación

1. Limpiar de impurezas el arroz granza haciendo uso de un tamiz cuyo número de malla es: 12
2. Pesar tres muestras cada una de 30 g en cajas petri.
3. Colocar las tres muestras en una estufa pre-calentada a 105 °C.
4. Pesar las muestras en intervalos de 1hr hasta el punto que el peso sea constante.

Cuadro 2.7 Determinación de la Humedad del Arroz Granza

Tiempo (hr)	Peso del Arroz Granza (g)			
	Estufa a 100-105 °C			
	Muestra 1	Muestra 2	muestra 3	promedio
0	30	30	30	30.00
1	25.28	25.21	25.15	25.23
2	24.79	24.77	24.79	24.78
3	24.26	24.28	24.22	24.27
4	23.88	23.86	23.85	23.87
5	23.75	23.77	23.75	23.76
6	23.74	23.77	23.72	23.76

2.2.1 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE SECADO PARA EL ARROZ GRANZA

Este análisis se basa en la pérdida de peso que experimenta el arroz granza cuando el arroz granza es sometido a temperatura de secado (60-65 °C y aire seco) cuando el arroz granza llega a un peso constante se considera que el arroz ya perdió toda la humedad contenida.

Para la determinación de la curva de secado del arroz granza se realizó de dos maneras:

a. Secado del Arroz Granza húmedo utilizando una estufa precalentada a 60-65 °C.

- Se tamizó la muestra, para obtener un arroz limpio.
- Se pesaron 30 g de muestra (para ambos casos por triplicado) en una balanza semi analítica.



Fig. 2.3 Estufa utilizada para el secado de la granza (UES 2008)

- Las muestras se depositaron en cajas petri.
- La estufa se precalentó a 60-65.°C
- Se pesaron las muestras cada 15 min. Por un tiempo de 135 minutos

Nota: En las cajas petri se colocaron cuatro capas de arroz

b. Secado del Arroz Granza húmedo por medio de un secador solar indirecto a una temperatura de 45- 50°C.

- Se tamiza la muestra, para obtener un arroz limpio.
- Se pesa 30 g de muestra (para ambos casos por triplicado) en una balanza semi-analítica.
- Ya limpio y pesado el arroz granza se colocó directamente en el secador.
- La muestra se pesó cada 15 minutos por un rango de 135 minutos.



Fig. 2.4 Secador solar de convección natural.

Magaña, Morales y Sibrian (2006)

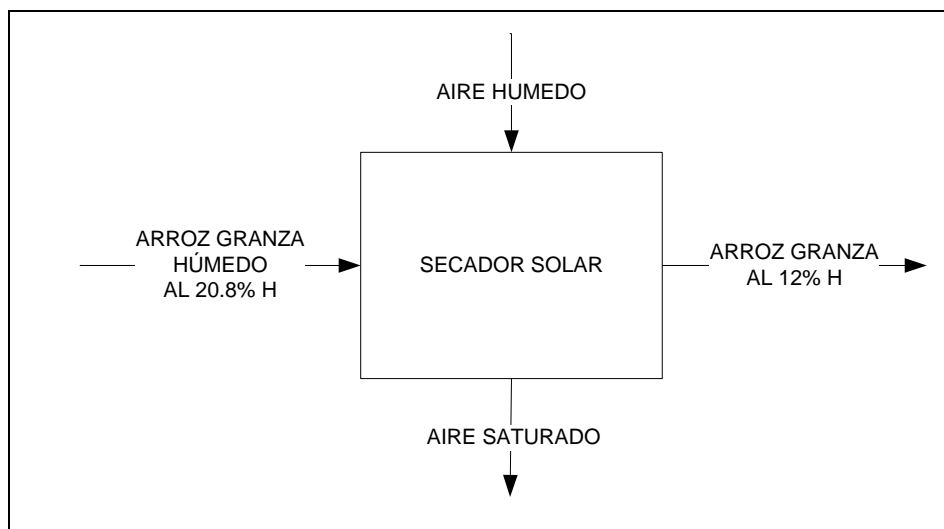


Fig. 2.5 Diagrama de bloque para el secado de arroz granza usando aire caliente en secador solar.

2.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE SECADO DEL ARROZ GRANZA

A continuación se presentan los resultados obtenidos, en el proceso de secado de arroz granza realizado en la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador.

Cuadro 2.8 Resultados obtenidos para el proceso de Secado del Arroz Granza.

Tiempo (min)	Peso del Arroz Granza (g)					
	Estufa a 60-65 °C			Secador Solar a 45-50 °C		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
0.00	30.01	30.02	30.02	30.00	30.00	30.00
15.00	29.15	29.22	29.18	29.10	29.02	29.06
30.00	28.85	28.93	28.82	28.02	28.00	28.05
45.00	28.18	28.10	28.08	27.77	27.73	27.77
60.00	27.80	27.67	27.75	27.55	27.50	27.53
75.00	27.32	27.19	27.23	27.45	27.39	27.40
90.00	27.06	26.94	26.96	27.31	27.22	27.28
105.00	26.69	26.64	26.68	27.22	27.15	27.17
120.00	26.48	26.47	26.41	27.05	27.03	27.00
135.00	26.26	26.26	26.20	26.90	26.84	26.84

2.3 OPERACIONES UNITARIAS REALIZADAS AL ARROZ GRANZA PREVIO A SU PROCESAMIENTO (MORALES, E.(2008) Y CENPOSCO (2008))

En la figura 2.6 se describen los diferentes ensayos que se realizan en un beneficiado de arroz a nivel de planta piloto desde el momento de recepción de la materia prima hasta el punto que el arroz esta listo para empacar.

Las operaciones que se realizan son las siguientes:

- Recepción de la materia prima.
- Pesada de la materia prima en balanza semi analítica.
- Secado del arroz hasta un 12-13 % de Humedad.
- Pre limpieza haciendo uso del pre limpiador Clipper
- Descascarillado
- Pulido
- Clasificado de arroz entero y quebrado, por medio de tamiz vibratorio malla.

Los productos obtenidos son (según nomenclatura de la figura 2.6):

Corriente C: Arroz Granza al 12 % de humedad

Corriente E: Arroz Granza limpio

Corriente H: Arroz Integral

Corriente J: Arroz Pulido

Corriente L: Arroz Entero

Los residuos generados son (según nomenclatura de la figura 2.6):

Corriente B: Vapor de Agua

Corriente F: Impurezas

Corriente G: Cascarilla

Corriente I: Pulimento

Corriente K: Arroz Quebrado

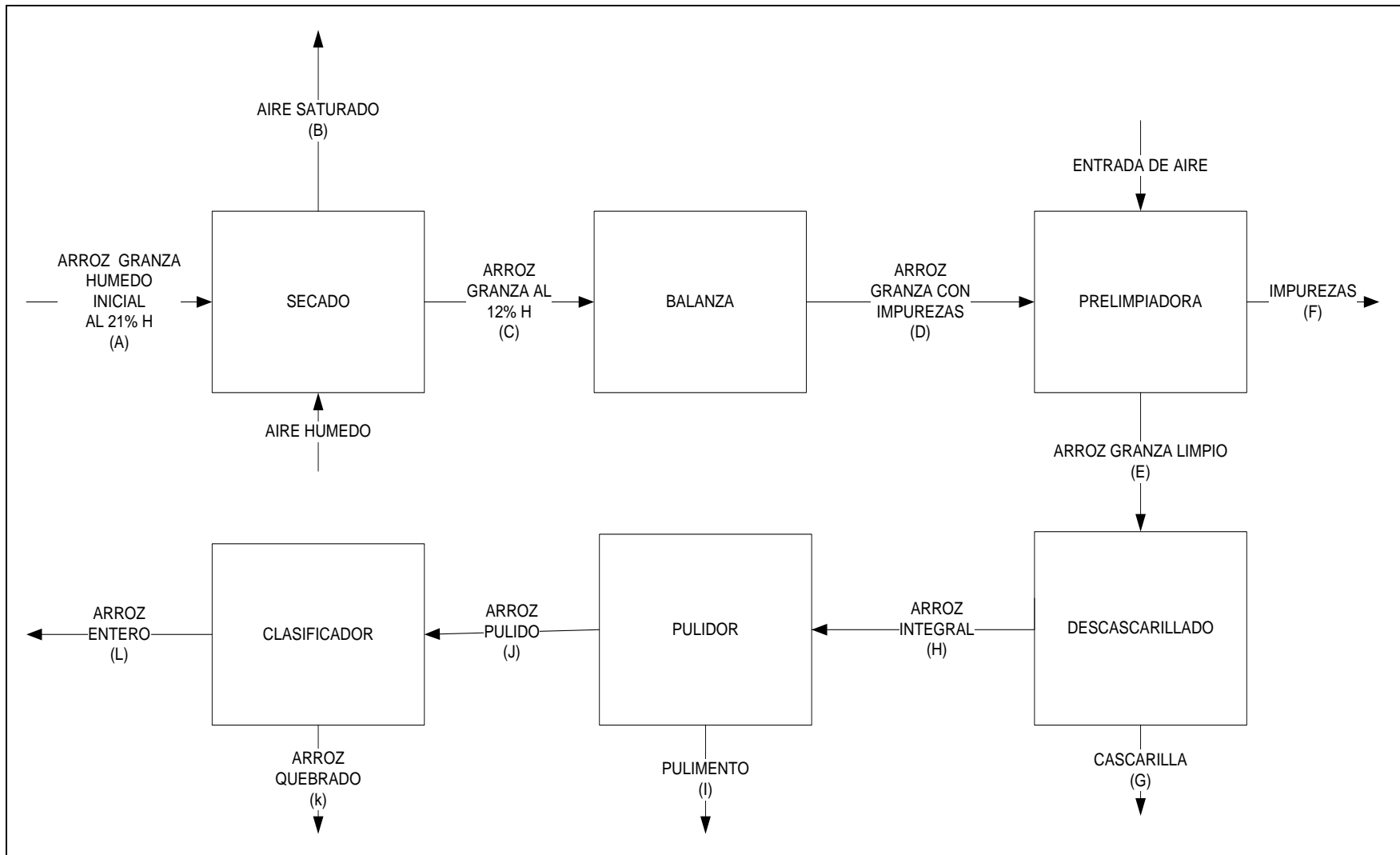


Fig. 2.6 Diagrama de Bloques para el Beneficiado de Arroz a nivel Planta Piloto

Ref. (Morales. E. Y CENPOSCO) (2008)

2.4 PRUEBAS DE CALIDAD QUE SE REALIZAN AL ARROZ GRANZA (Morales. E. (2008))

En un beneficiado de arroz se realizan diversas pruebas que tienen como fin primordial la determinación de la calidad del arroz al momento de la recepción con el objetivo de determinar el valor monetario.

Entre las diferentes pruebas de calidad que se realizan están:

- a. Determinación de impurezas
- b. Determinación de la humedad del arroz granza
- c. Determinación del rendimiento de arroz pulido / arroz granza
- d. Determinación del rendimiento de arroz entero.
- e. Determinación de arroz yeso
- f. Determinación de arroz rojo.

Todas estas pruebas se realizan bajo un convenio establecido por los productores de arroz en El Salvador. Con el fin de motivar al agricultor a que produzca arroz de mejor calidad. Dicho convenio acordado ciertos límites de calidad para el arroz granza, si superan dichos límites se les premia pagándoles a mejor precio por quintal de arroz, en cambio si presentan deficiencia en estos índices de calidad, los precios que se les pagan disminuyen.

Entre los factores de calidad que un agricultor tiene que presentar lo mínimo y si es posible la ausencia están:

2.4.1 DETERMINACION DE IMPUREZAS

Se entenderá como impurezas toda materia extraña al arroz granza, como por ejemplo polvo, tierra, piedras pedazos de hojas, cascarillas etc.

- Para esta prueba se toma una muestra de Arroz Granza y se pesa una cantidad de 500 g.
- Se utiliza un pre-limpiador conocido como Clipper.

- Los 500 g se dejan caer sobre una tolva en la parte superior del Clipper, y una corriente de aire horizontal desplaza la materia liviana, dejando caer el arroz granza limpio.
- Si en el arroz granza se observan impurezas se vuelve a procesar, pero en esta ocasión se le aumenta la potencia a la corriente de aire, hasta que este quede totalmente limpio. La potencia del ventilador es ajustable para evitar pérdidas de arroz granza por exceso de flujo de aire, se determina el flujo de aire óptimo por prueba y error; y con base en la experiencia se pueden establecer rangos para los distintos tipos de arroz.

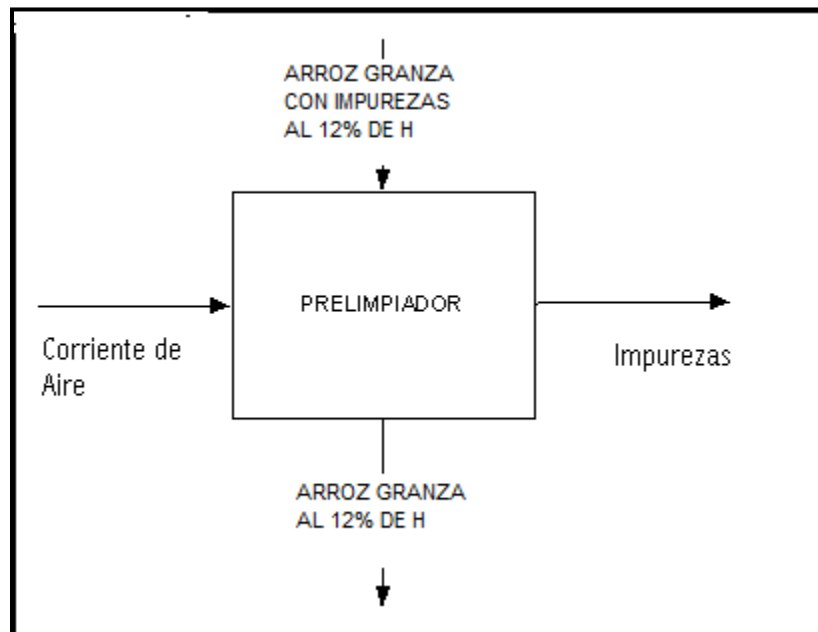


Fig. 2.7 esquema para el proceso de pre limpieza para el arroz granza.

La muestra que se utiliza para esta prueba es de 500 gr de arroz granza con una humedad de alrededor de 13%.

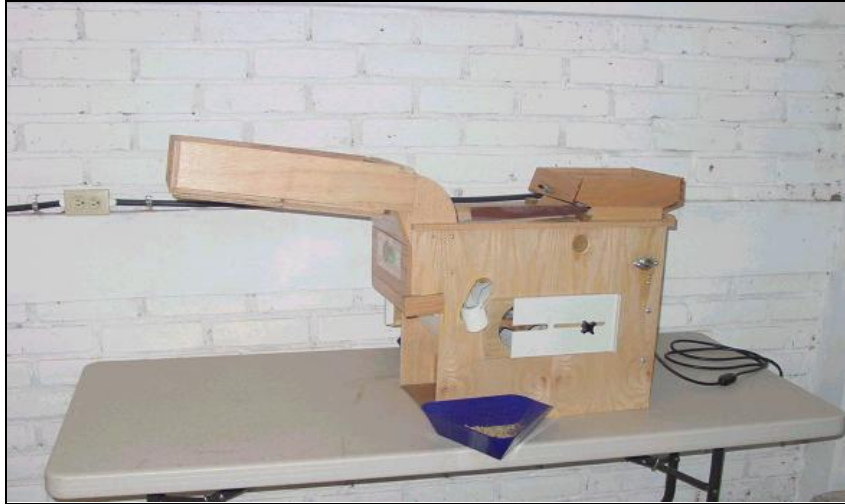


Fig. 2.8 Fotografía de un Limpiador Clipper,
Planta Piloto de Atiocoyo Norte (2008)

2.4.2 DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL ARROZ GRANZA

En esta prueba lo que se verifica es la humedad del arroz granza limpio, si esta cumple con los índices mínimos de calidad pasa a la siguiente etapa del proceso, si no se tiene que secar hasta que llegue a un máximo de humedad de 13%. El equipo que se utiliza es el siguiente:



Fig. 2.9 Medidor de Humedad Motomco
CENPOSCO (2008)

El método de operación de este equipo es el siguiente:

- Se pesan 200 g de la muestra limpia proveniente del pre-limpiador.
- Esta muestra tiene que estar a temperatura ambiente, para que el equipo funcione correctamente.
- Se calibra el equipo.
- Una vez calibrado el equipo se coloca la muestra en el cilindro que se encuentra en la parte superior del mismo.
- Al colocar la muestra en el medidor de humedad, el aparato da una lectura de capacitancia en un medidor de escala análogo, este dato se busca en tablas clasificadas en base a la procedencia geográfica en que se cosechó el grano, para obtener así el valor de humedad.
- Utilizando las tablas de conversión para calcular los resultados finales de humedad, obteniéndose en la prueba realizada un valor de humedad del 13.33%.

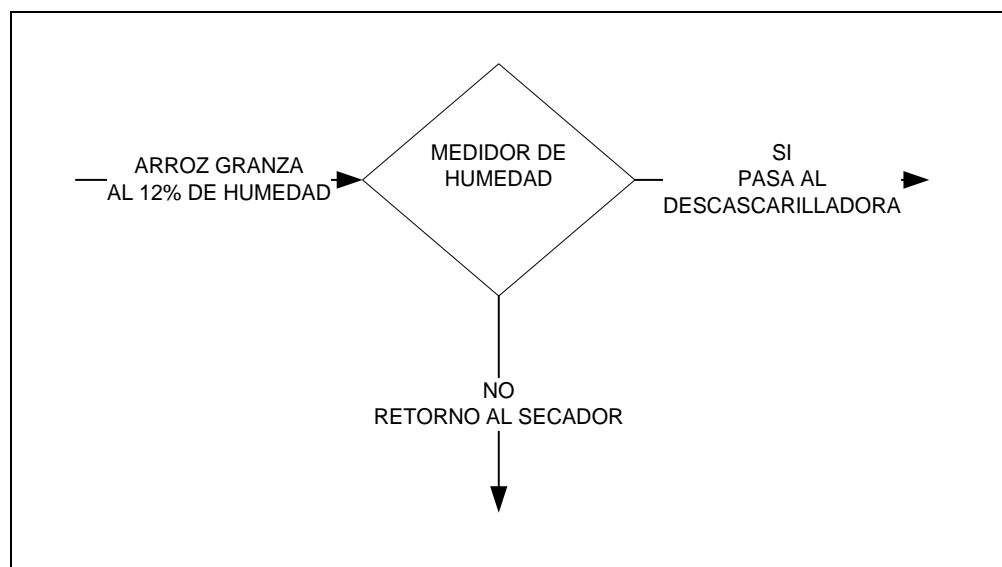


Fig. 2.10 Diagrama de decisión para el proceso de medición de la humedad al arroz granza.

2.4.3. DESCASCARILLADO DE ARROZ GRANZA

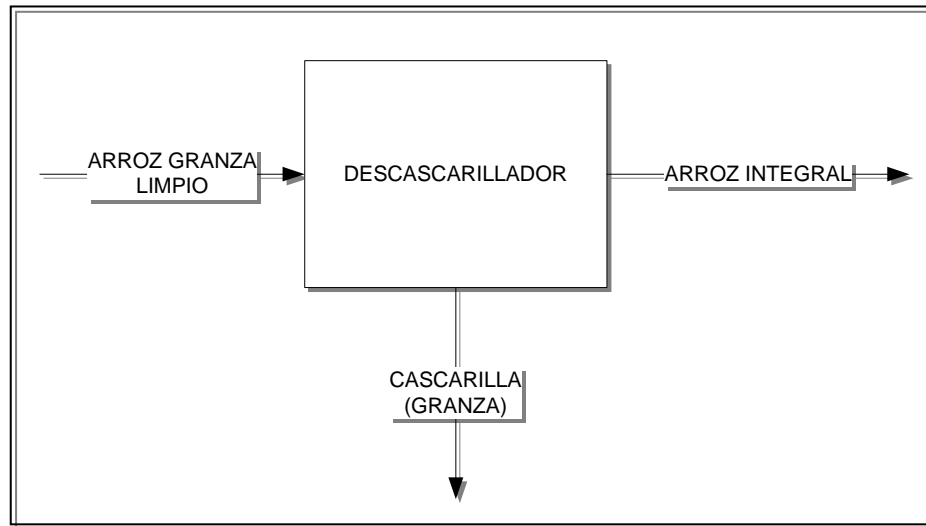


Fig. 2.11 Diagrama del proceso de descascarillado del arroz granza.

En esta etapa es donde se obtiene el arroz integral como producto y la cascarilla como sub producto. En esta prueba se pesan 200 gramos de Arroz Granza limpio. Este arroz se deja pasar por el descascarillador por el cual salen dos corrientes. Una de arroz integral y en otra la cascarilla del arroz granza.



Fig. 2.12 Descascarillador de arroz granza
Planta Piloto Atiocoyo Norte (2008)

En esta prueba se tienen los siguientes datos:

Entrada: 200 g de arroz granza limpio

Salidas:

1. 160.6 g de Arroz integral
2. 39.4 g de cascarilla de arroz

2.4.4 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO DE ARROZ PULIDO /ARROZ GRANZA (Morales, E. 2008)

El objetivo de esta etapa es obtener arroz blanco. En esta etapa se coloca el arroz integral por el cual se deposita en un cilindro que esta incorporado en el pulidor, obteniendo a si dos salidas una de arroz blanco y la otra de pulimentos.

Esta es la otra prueba de calidad de la cual se mide el rendimiento del arroz granza convertido a arroz pulido.

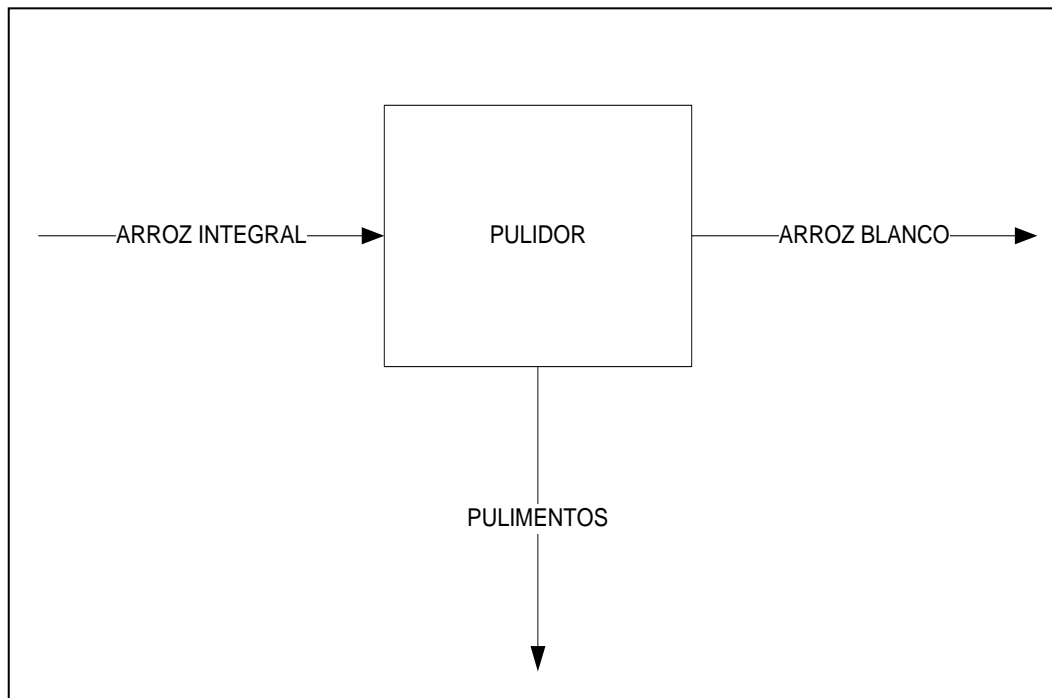


Fig. 2.13 Diagrama del Proceso de Pulido para la Elaboración de Arroz Blanco.

En la figura 2.14 se presenta una fotografía del pulidor utilizado en la planta piloto de la Asociación de Regantes de Atiocoyo la forma de operación de dicho aparato para obtener arroz pulido se describe a continuación:

- Etapa de precalentamiento del equipo puliendo una muestra de arroz integral que no será analizada.
- Se coloca en el cilindro del pulidor la muestra a pulir y se acciona el pulidor por un minuto haciendo uso de un peso estandarizado, cuyo valor depende la variedad de arroz a procesar
- Se detiene el pulido y se retira el peso, luego se acciona el pulidor por un minuto más, para obtener arroz más brillante.



Fig. 2.14 Equipo utilizado para obtener arroz pulido.

Planta Piloto Atiocoyo Norte (2008)

Los resultados obtenidos en esta prueba son los siguientes:

Como entrada se tiene el arroz integral proveniente del descascarillado el cual fue de 160.6 g de arroz integral.

Como salidas se obtiene:

El arroz pulido 143 g

Pulimento = 17.6 g

2.4.5 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO DE ARROZ ENTERO / ARROZ QUEBRADO

En esta etapa se mide el rendimiento del arroz Entero/ arroz Quebrado, se realiza de la siguiente manera:

Como entrada se tiene el arroz proveniente del pulidor, el cual contiene arroz entero y arroz quebrado este es otro factor que se utiliza como índice de calidad.

En esta etapa se utiliza un clasificador el cual contiene una serie de tamices, estas se utilizan dependiendo de la procedencia del arroz para el caso de El Salvador se utiliza una malla numero 10, si el arroz es de E.U se utiliza malla 12.



Fig. 2.15 Clasificador cilíndrico para granos
Planta Piloto Atiocoyo Norte (2008)

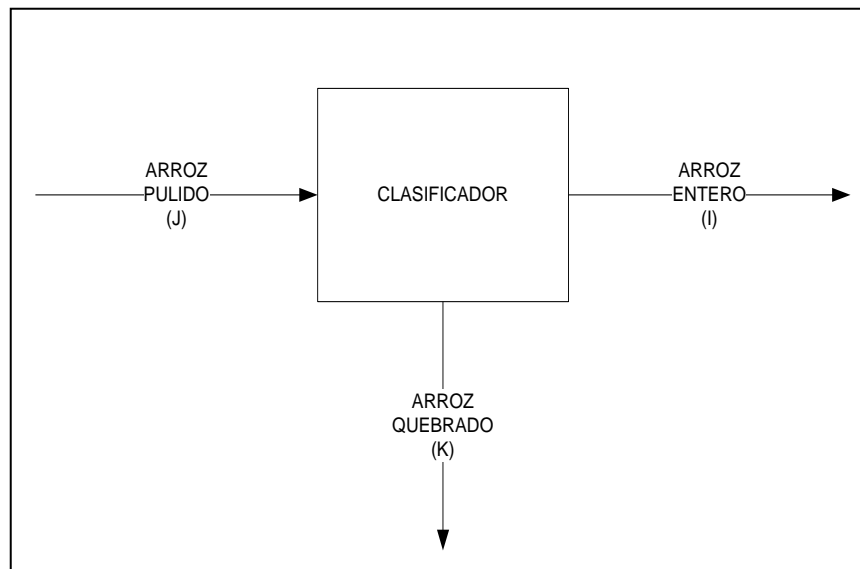


Fig. 2.16 Diagrama del proceso de clasificación para el arroz blanco.

Como flujos en esta etapa se tiene:

Entrada: 143 g de Arroz Pulido

Como flujos en esta etapa se tiene:

Entrada: 143 g de Arroz Pulido

Salidas:

1. 124.6 g Arroz Entero
2. 18.4 g de Arroz quebrado

2.4.6 DETERMINACION DE ARROZ ROJO Y ARROZ YESO

La determinación de Arroz Rojo y Arroz Yeso es otro parámetro de Calidad que tiene una gran importancia no tanto por el aspecto nutricional sino mas bien por el aspecto visual, ya que por ejemplo el Arroz Rojo, se diferencia del arroz tradicional (blanco) en que su color cuando el grano esta en su forma integral es de color rojo en cambio el grano tradicional es de color café en su forma integral, el grano rojo se puede caracterizar también por su forma y tamaño siendo este mas pequeño y tendiendo a ser redondo, es considerado un grano primitivo entre los agricultores. El grano de arroz yeso es conocido por su aspecto blanco yeso tendiendo este a quebrarse mas rápidamente.

Para ambos casos ya sea la determinación de grano rojo o grano yeso se realiza con una muestra de 20 g, ya que esta determinación si se realiza manualmente se hace eligiendo estos granos ya sea rojos o yeso según lo que se requiere determinar y luego se multiplica por cien para tener un porcentaje. Y reportar el valor el cientos.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para el diseño y escalamiento de un beneficiado de arroz partiendo de una planta piloto es necesario conocer las características del arroz en todas las etapas del proceso, con el fin posterior de la selección de equipos y entender cuanto puede ser la capacidad de producción, de almacenaje, de transporte, empaque etc. que el arroz necesita para todas las etapas que se llevan a cabo en un beneficiado de arroz.

3.1 ANALISIS DE LAS PROPIEDADES DE MASA DE PARTÍCULAS PARA ARROZ GRANZA

3.1.1 DENSIDAD DE MASA DE PARTICULAS

Los resultados de las mediciones de las densidades de masas de partículas aireadas y empacadas son de suma importancia a la hora de calcular los volúmenes de los contenedores utilizados para el almacenamiento y transporte de material particulado.

La densidad de trabajo definida de la siguiente forma:

$$\rho_w = [(\rho_p - \rho_a) \times C] + \rho_a$$

$$C = \left[\frac{(\rho_p - \rho_a)}{\rho_p} \right]$$

En donde:

ρ_p : Densidad empacada

ρ_a : Densidad aireada

C: Factor de compresibilidad

ρ_w :: Densidad de Trabajo

Haciendo uso de las densidades empacadas y aireadas calculadas en el capítulo 2 para arroz granza y arroz blanco, se procede a realizar el cálculo de la densidad de trabajo de la siguiente forma:

Se tiene el ejemplo de cálculo para el arroz granza:

La expresión para el factor de compresibilidad: $C = \left(\frac{\rho_p - \rho_a}{\rho_p} \right)$ Sustituyendo en la ecuación para la densidad de trabajo se tiene lo siguiente

$$\rho_w = (\rho_p - \rho_a) x \left(\frac{\rho_p - \rho_a}{\rho_p} \right) + \rho_a$$

$$\rho_w = (0.66 - 0.556) x \left(\frac{0.66 - 0.556}{0.66} \right) + 0.556 = 0.5724 \frac{g}{cm^3}$$

Cuadro 3.1 Densidad de masa de partículas para el Arroz Granza y Arroz Blanco [g/cm³]

Tipo de Arroz	Densidad Aireada	Densidad Empacada	Densidad de Trabajo
Arroz Granza	0.556	0.66	0.5724
Arroz Blanco	0.81	0.913	0.8216

Los resultados para la densidad de trabajo, proporciona información importante de la cual se puede concluir que para una cantidad determinada de arroz a procesar se requieran los correspondientes valores para los volúmenes de los silos contenedores.

3.1.2 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD PARA ARROZ GRANZA

Cuadro 3.1.a Evaluación del grado de fluidibilidad para arroz granza

Parámetro	valor	puntos
Angulo de reposo	0	25
Porcentaje de compresibilidad	0.1128	22
Angulo de fricción interna	0	25
Coefficiente de uniformidad	1	25
	sumatoria	97

De acuerdo a los rangos de puntuación de la tabla II en anexo B, para el rango de 90-100 puntos el material puede clasificarse como de excelente fluidibilidad.

3.1.3 DISPERSIBILIDAD DEL ARROZ GRANZA

El promedio obtenido en las mediciones de dispersibilidad, (ver cuadro 2.6), es 36.8% valor que es correlativo al resultado obtenido para el arroz granza como material de alta fluidibilidad. A mayor dispersibilidad mayor fluidibilidad de los materiales particulados.

3.2 HUMEDAD Y CURVAS DE SECADO

La determinación de la humedad del arroz granza se realizó por gravimetría, llevando la muestra hasta un peso constante y determinando así por diferencia de pesos la cantidad de agua que la muestra contenía, la relación utilizada para la determinación de la humedad de la muestra es la siguiente:

$$\% \text{Humedad Perdida} = \frac{(\text{Masa Inicial Promedio} - \text{Masa en Tiempo } i)}{\text{Masa Inicial Promedio}} \times 100$$

Los ejemplos de cálculo para las primeras 3 horas son los siguientes:

Para un tiempo de 0 hr:

$$\% \text{Humedad Perdida} = \frac{(30.0 - 30.0)}{30.0} \times 100 = 0.0\%$$

Para un tiempo de 1 hr

$$\% \text{Humedad Perdida} = \frac{(30.00 - 25.23)}{30.00} \times 100 = 15.89\%$$

Para un tiempo de 2 hr

$$\% \text{Humedad Perdida} = \frac{(30.00 - 24.78)}{30.00} \times 100 = 17.41\%$$

Cuadro 3.2 Determinación de la Humedad del Arroz Granza

Tiempo (hr)	Peso del Arroz Granza (g)				
	Estufa a 100-105° C				
	Muestra 1	muestra 2	muestra 3	promedio	% Humedad Perdida
0	30	30	30	30.00	0.00
1	25.28	25.21	25.15	25.23	15.89
2	24.79	24.77	24.79	24.78	17.41
3	24.26	24.28	24.22	24.27	19.09
4	23.88	23.86	23.85	23.87	20.44
5	23.75	23.77	23.75	23.76	20.79
6	23.74	23.77	23.72	23.76	20.80

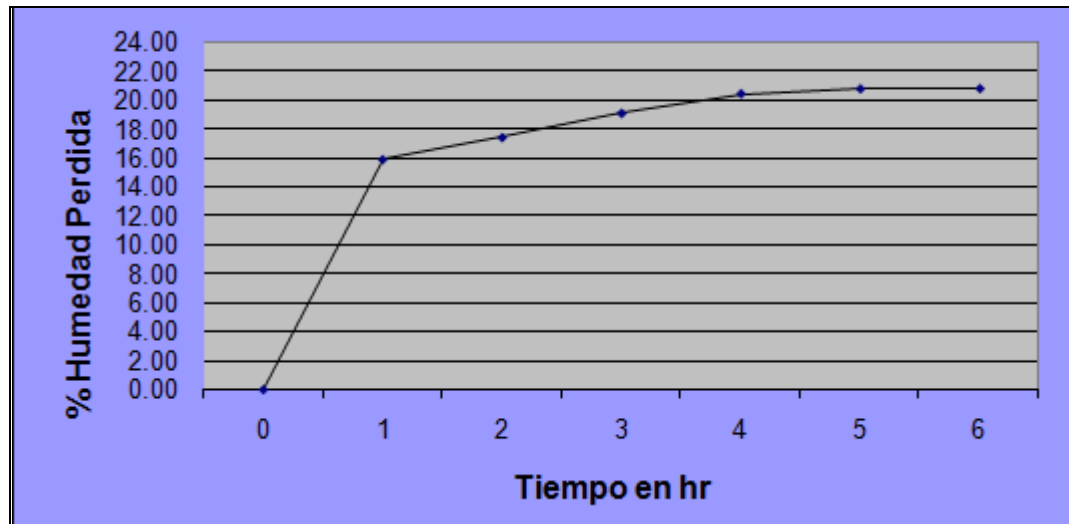


Fig. 3.1 Curva de Secado, Muestra el Porcentaje de Humedad Perdida

En un tiempo de 6 hrs la masa fue constante, considerando el peso perdido como la humedad que la muestra traía desde el principio se llega al siguiente resultado:

Humedad perdida 20.8 %

3.2.1 DETERMINACIÓN DE CURVAS DE SECADO

Para la elaboración de las curvas de secado %H vrs. Tiempo se hace uso del dato del porcentaje de humedad inicial en la muestra, y los métodos de secado en esta ocasión son los siguientes:

- Secado en estufa.
- Secado haciendo uso de secador solar por convección natural.

A continuación se presentan los pesos y humedades promedios de las muestras.

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(\text{PESO}_{\text{Muestra1}} + \text{PESO}_{\text{Muestra2}} + \text{PESO}_{\text{Muestra3}})}{3}$$

Para el caso de la estufa:

Para tiempo 0 min:

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(30.01 + 30.02 + 30.02)}{3} = 30.01g$$

Para tiempo 15 min:

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(29.15 + 29.22 + 29.18)}{3} = 29.2g$$

Para tiempo 30 min:

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(28.85 + 28.93 + 28.82)}{3} = 28.9g$$

Para el caso del Secador Solar

Para tiempo 0 min:

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(30.0 + 30.0 + 30.0)}{3} = 30.0g$$

Para tiempo 15 min:

$$\text{MuestraPromedio} = \frac{(29.1 + 29.02 + 29.06)}{3} = 29.06g$$

Para tiempo 30 min:

$$\text{Muestra Promedio} = \frac{(28.02 + 28.0 + 28.05)}{3} = 28.02g$$

Determinación de la humedad

Valor inicial de humedad 20.8%

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(\text{Muestra inicial Promedio} - \text{Muestra Promedio en tiempo})}{\text{Muestra inicial Promedio}} \times 100$$

Para el caso de la Estufa

Para un tiempo de 0 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.01 - 30.01)}{30.01} \times 100 = 20.8\%$$

Para el caso de 15 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.01 - 29.18)}{30.01} \times 100 = 18.03\%$$

Para el caso de 30 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.01 - 28.87)}{30.01} \times 100 = 16.98\%$$

Para el caso del Secador Solar

Para el caso de 0 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.0 - 30.0)}{30.0} \times 100 = 20.8\%$$

Para el caso de 15 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.0 - 29.06)}{30.0} \times 100 = 17.66\%$$

Para el caso de 30 min:

$$\% \text{Humedad} = 20.8 - \frac{(30.0 - 28.02)}{30.0} \times 100 = 14.21\%$$

Cuadro 3.3 Resultados y Humedad del Arroz en Diferentes Tiempos

Secado del Arroz Granza				
Tiempo (min)	Peso del Arroz Granza (g)			
	Estufa a 60-65 °C		Secador Solar a 45-50 °C	
	Muestra Promedio	% Humedad	Muestra Promedio	% Humedad
0	30.01	20.80	30.00	20.80
15	29.18	18.03	29.06	17.66
30	28.87	16.98	28.02	14.21
45	28.12	14.49	27.76	13.32
60	27.74	13.22	27.53	12.55
75	27.25	11.58	27.41	12.18
90	26.99	19.85	27.27	11.70
105	26.67	9.66	27.18	11.40
120	26.45	8.93	27.03	10.89
135	26.24	8.22	26.86	10.33

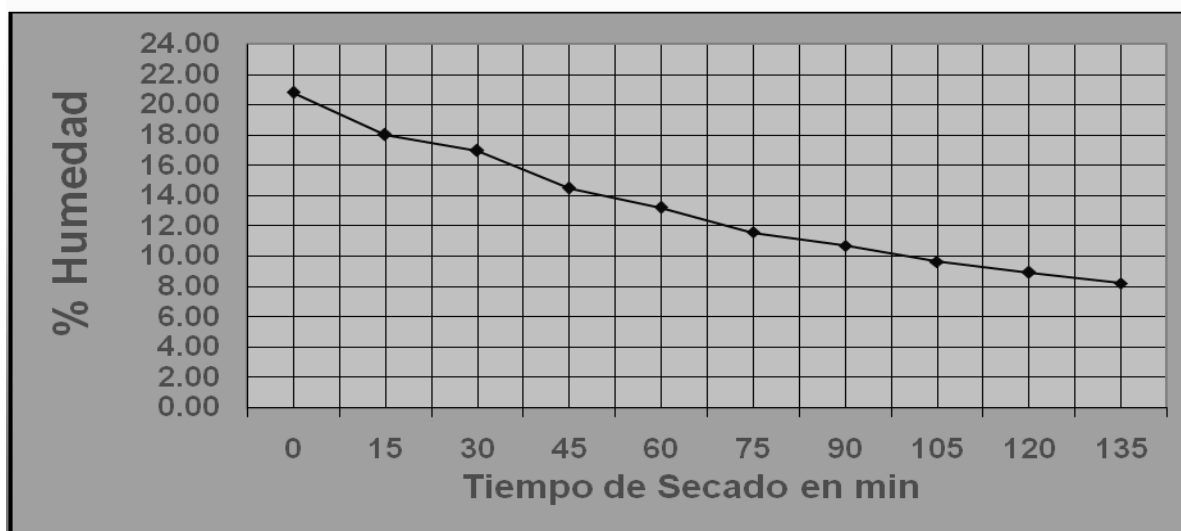


Fig. 3.2 Curva de Secado Elaborada Usando Estufa de secado directo

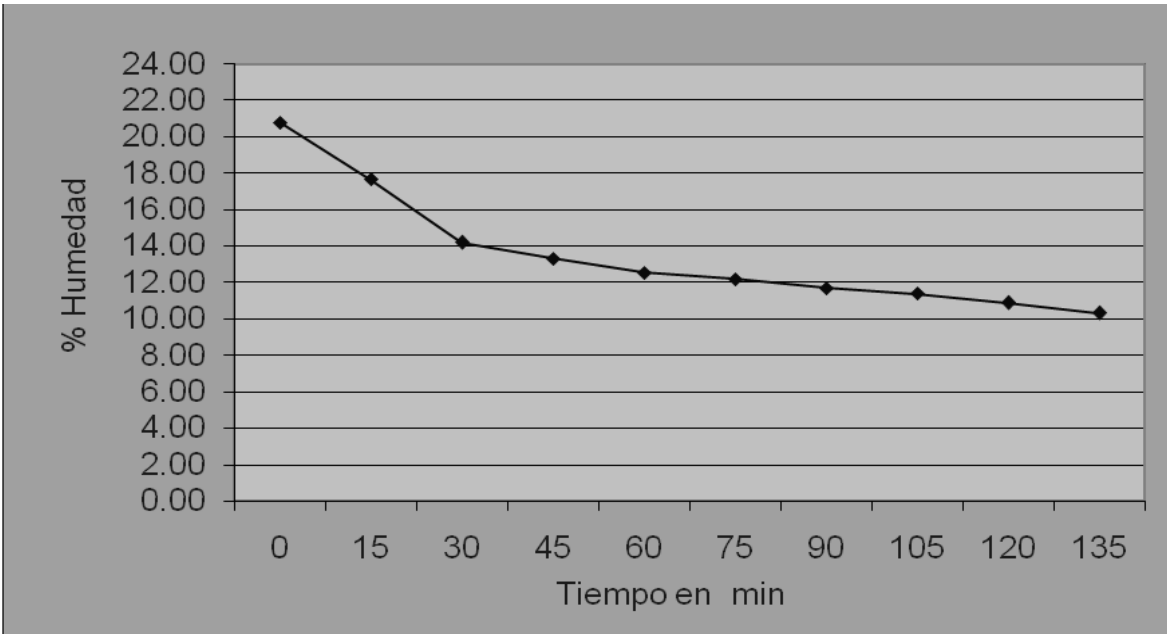


Fig.3.3 Curva de secado haciendo uso de secado con aire caliente, en secador solar de convección natural.

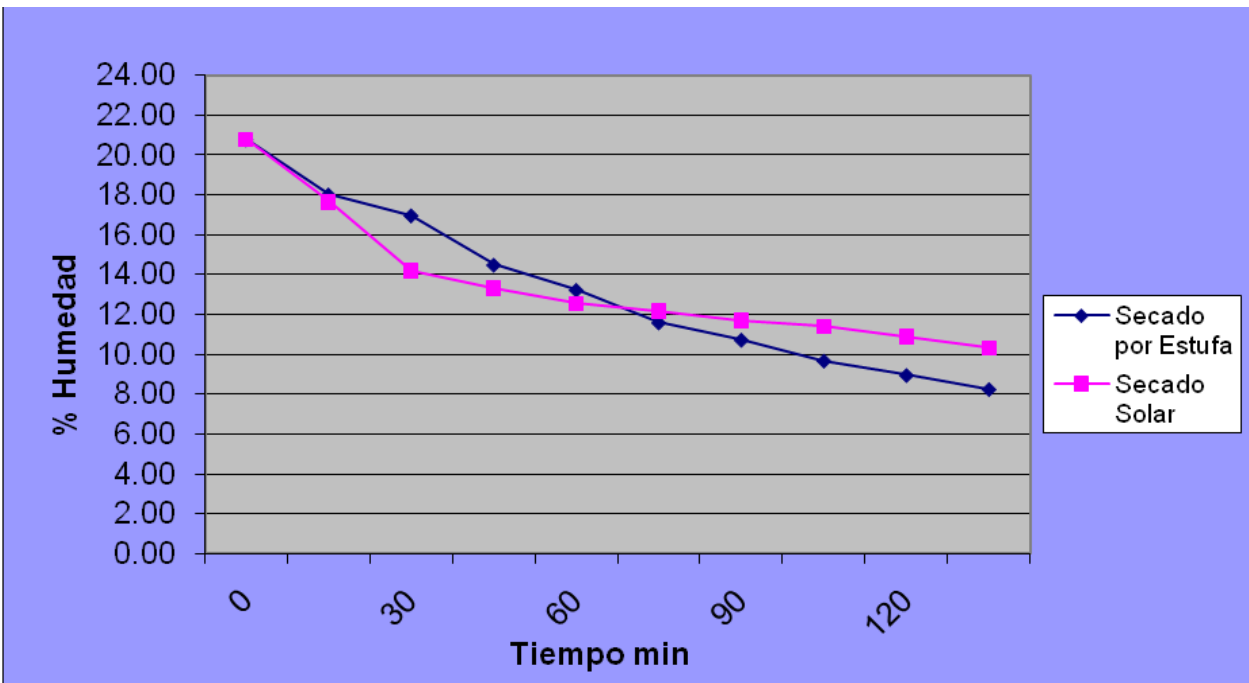


Fig. 3.4 Comparación entre curvas de secado.

Para tener un mejor acercamiento a la realidad del secado de arroz granza se utiliza únicamente los datos y la curva de secado utilizado en el secador solar para determinar el tiempo de secado desde una humedad inicial de aproximadamente 21% hasta una humedad de aproximadamente 13% que es la máxima humedad establecida en términos de calidad para el arroz granza en El Salvador.

Se puede observar en la curva de secado utilizando un secador solar el tiempo mínimo que se necesita para que el arroz granza alcance una humedad deseada para el proceso es de 60 min (1 hora).

Por otra parte utilizando una estufa en un rango de temperatura de 60-65 °C se necesitan un aproximado de 70 minutos para alcanzar la humedad deseada.

Se ha determinado que la razón del porque se necesita menos tiempo y una temperatura mucho menor es por la siguiente:

- En la estufa se colocó el arroz en cajas petri en las cuales se les agrego aproximadamente de tres a cuatro capas de arroz granza.
- El arroz granza es secado directamente, y no existe un flujo de aire el cual arrastre la humedad del arroz granza.
- Como la muestra era de solo 30 g. El arroz granza se esparció sobre toda la superficie de la bandeja porta muestra del secador de tal manera que solo estuviese una capa de arroz granza.
- Otra razón es el secador esta diseñado de tal manera que el flujo de aire provenga desde la parte inferior del secador, envolviendo de una mejor manera el arroz granza.
- Es aire seco es más eficaz para remover la humedad, en cambio en la estufa se calienta la muestra de tal manera que la humedad que ésta tiene se evapore por la alta temperatura.

3.3 PRUEBAS DE CALIDAD Y RENDIMIENTOS PARA EL ARROZ GRANZA

Tienen como finalidad la determinación de la calidad del arroz granza como materia prima del precocido y beneficiado del mismo, además brinda los parámetros base para la realización de balances de masa en el proceso; obteniendo así los las fracciones de productos y sub-productos generados en el proceso de beneficiado de arroz.

a. Porcentaje peso de impurezas:

$$\% \text{Impurezas} = \frac{(\text{Arroz Granza con Impurezas} - \text{Arroz limpio})}{\text{Arroz Granza con Impurezas}} \times 100$$

$$\% \text{Impurezas} = \frac{500 - 470.5}{500} \times 100$$

$$\% \text{Impurezas} = 5.9\% \cong 6\%$$

b. Porcentaje peso de cascarilla:

Obteniendo los valores de entrada y salida se pueden calcular el porcentaje de cascarilla en una muestra de arroz granza limpio. Para nuestro caso el porcentaje de cascarilla es el siguiente:

$$\% \text{Cascarilla} = \frac{39.4\text{g}}{2} = 19.7\%$$

c. Rendimiento de arroz pulido/arroz granza:

Para medir el rendimiento se realiza de la siguiente manera

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{(\text{Peso de Arroz Pulido})}{2}$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{143\text{g}}{2} = 71.5\%$$

d. Rendimiento arroz entero/arroz granza:

Para medir el rendimiento entero, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento Entero} = \frac{\text{Peso de Arroz Entero}}{2}$$

$$\% \text{ Rendimiento Entero} = \frac{124.6}{2} = 62.3\%$$

e. Rendimiento de arroz grano yeso y arroz rojo

Se seleccionan 20 gramos de arroz pulido de estos haciendo uso de una pantalla azul y una pinza se seleccionan los granos que tienen apariencia de yeso y rojos, se pesan los granos yeso, aparte se pesan los granos rojos, y multiplicando este peso por un factor de 5 se obtiene el porcentaje de arroz yeso en la muestra.

El resultado obtenido fue 0.3 g de arroz yeso

$$\%Y = 5 \times 0.3 = 1.5\% \text{ de arroz yeso}$$

La presencia de arroz yeso como el arroz rojo disminuyen la calidad del lote de arroz en que se está evaluando por lo que es importante controlar dichos parámetros de calidad.

4. DISEÑO DE LA PLANTA

4.1. ESTIMACIÓN DE VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN

Para la determinación de los volúmenes de Producción se hace uso de las densidades de trabajo obtenidas en el capítulo 3 y de los datos de producción a que se pretende llegar en la Cooperativa de Regantes de Atiocoyo Norte en el momento que se construya la planta de precocido y beneficiado de arroz.

Para el caso del Arroz Granza se tiene una densidad de 572.4 kg/m^3 (ver cuadro 3.1) lo que equivale a **0.5724 Tm /m^3**

La producción futura por parte de la Cooperativa de Regantes de Atiocoyo Norte es:

Una producción de 3000 Manzanas Anuales

Con un rendimiento de 130 quintales (100 libras) por Manzana

De esta manera se tiene una producción de

$$\text{Produccion Anual} = \frac{3000 \text{ Mz}}{\text{Año}} \times \frac{130 \text{ qq}}{\text{Mz}} = \frac{390000 \text{ qq de Arroz Granza}}{\text{Año}}$$

Producción Anual = 390,000 Quintales de Arroz Granza anual al 21% de Humedad.

Se ha tomado el 21% de humedad para el arroz granza porque éste es el valor en el que, con mayor frecuencia, el arroz llega al beneficiado.

Esto equivale a: $390,000 \text{ quintales de arroz granza} \times 45.4 \text{ kg} = 17,706,000 \text{ kg de Arroz Granza al 21\% de humedad anual}$ para una producción diaria se tiene:

$$\text{Produccion por día} = \frac{17,706,000 \text{ Kg de Arroz Granza al 21\% H}}{\text{Año}} \times \frac{1 \text{ Año}}{365 \text{ Días}}$$

Producción por día = 48,509.48 kg de Arroz Granza al 21% de H

Esta producción equivale a 48.50948 Tm al día

Para una producción de 14 hr por día se tiene que

La producción por hora deberá ser de 3.5 Tm de Arroz Granza Húmedo al 21% H

Cuadro 4.1 Cálculo de volúmenes de producción para arroz granza

Producción (Toneladas Métricas de Arroz Granza)		Densidad de masa de partículas para Arroz Granza	Volumen de Producción m ³
Anual	17,706.00000 Tm	572.40 kg/ m ³	30,932.91410 m³
Diario (14 hr)	48.50948 Tm	572.40 kg/ m ³	84.74751 m³
Hora	3.50000 Tm	572.40 kg/ m ³	6.11460 m³

4.2. BALANCES DE MATERIA

Balances de materia para el precocido de arroz granza.

Balances de materia para beneficiado de arroz granza.

Para la realización de los Balances de Materia para el beneficiado de arroz granza, se hace uso de los resultados del capítulo 2 y 3 como también datos proporcionados por expertos en esta área; visita a laboratorio Centroamérica Post Cosecha (CENPOSCO), también datos de producción futura por parte de la cooperativa de regantes de Atiocoyo Norte.

Cuadro 4.2 Resumen de parámetros para utilizar en balances de masa para el Beneficiado de arroz granza.

Parámetro	Valor %p/p	Origen
Humedad inicial	21%	Valor modal en estadísticos de CENPOSCO
Humedad final	12%	Valor ideal para el procesamiento
Impurezas	2%	Valor promedio de CENPOSCO
Cascarilla	20%	Valor estimado en pruebas de CENPOSCO
Pulimento	8% en arroz precocido 11% en arroz blanco	Valor teórico para arroz precocido y estimación en CENPOSCO para arroz blanco.
Arroz quebrado	12%	Valor estimado

4.2.1 Balance en el secador (Arroz Granza)

Humedad inicial del Arroz Granza: 21%

Humedad Final de Arroz Granza: 12%

Arroz Granza al 21% de Humedad = 3.5 Tm /h

Balance de Agua

Se hizo uso de la carta psicrometrica para aire-vapor de agua a condiciones estándares de 1 atm., las condiciones de operación para el aire se describen en el anexo H.

En el punto A de la carta psicrometrica describe las condiciones del aire a la entrada del secador, las cuales son 25°C con la humedad relativa del 80% y una humedad de 0.016 kg de agua / kg de aire seco equivalente a % de humedad de 1.575, el aire es calentado hasta 50°C cambiando sus condiciones de humedad relativa hasta 20.5%, (punto B). se asumió que el proceso de secado se da en condiciones adiabáticas y que el aire alcanza las condiciones de saturación, con una humedad de 0.0254 kg de agua/ kg de aire seco equivalente a 2.477% de humedad a la salida del secador.

Agua inicial en el arroz granza = 3.5 Tm /h x 0.21 = 0.75 Tm/h

Agua final en el arroz granza = 3.5 Tm /h x 0.12 = 0.42 Tm /h

Agua perdida = Agua inicial – agua final = 0.315 Tm /h

Arroz granza al 12% de humedad = 3.185 Tm /h

Para conocer el flujo másico de aire requerido es éste proceso se realizo el siguiente balance global $A_1 + B_1 = A_2 + B_2$ donde:

A₁: 3.5 Tm/h de arroz granza entrando al secador al 21% de humedad.

B₁: cantidad de aire al 1.57% de humedad entrando al secador.

A₂: 3.185 Tm/h de arroz al 12 % de humedad saliendo del secador.

B₂: cantidad de aire al 2.477% de humedad saliendo del secador

Realizando balance de agua se tiene:

$$0.21 \times A_1 + 0.0157 \times B_1 = 0.12 \times A_2 + 0.0247 \times B_2$$

Despejando B₂ en (2) y sustituyendo en (1) se tiene:

$$B_1 = 35.027 \text{ Tm/h lo que equivale a: } 29840.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$B_2 = 35.342 \text{ Tm/h lo que equivale a: } 30247.64 \text{ m}^3/\text{h}$$

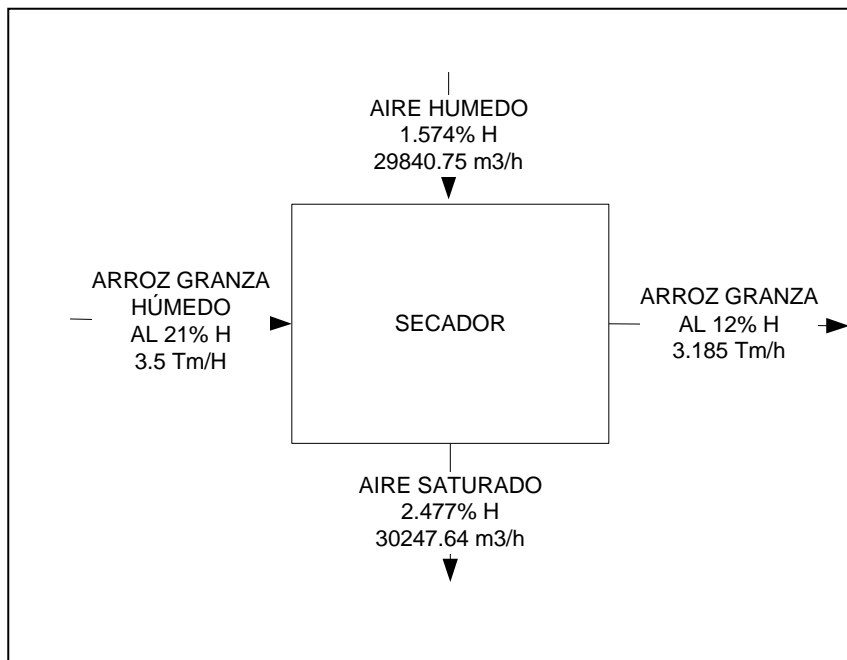


Fig. 4.1 Balance en el secador para arroz granza.

4.2.2 BALANCE EN PRECOCIDO DE ARROZ GRANZA.

a. Balance en Tanque de Remojo

Flujo de arroz granza seco entrando al proceso:

$$(3.1213 \text{ Tm/h}) \times (1 - 0.12) = \mathbf{2.7467 \text{ Tm/h}}$$

Flujo másico de arroz granza húmedo al 12% H = 3.1213 Tm/h

Agua de alimentación al tanque (para una relación de alimentación 2:1

Agua :Arroz):

$$2 \times 3.1213 \text{ Tm/h} = 6.2426 \text{ Tm/h}$$

Flujo másico de arroz granza al 30% H, saliendo del tanque de remojo:

$$(2.7467 \text{ Tm/h}) / (0.7) = \mathbf{3.9239 \text{ Tm/h}}$$

Flujo de agua de remojo saliendo del tanque = 5.43998 Tm/h

b. Balance en Autoclave (gelatinización)

Flujo de arroz granza al 35% H, saliendo de la Autoclave:

$$(2.7467 \text{ Tm/h}) / (0.65) = \mathbf{4.2257 \text{ Tm/h}}$$

Flujo de agua entrando al Autoclave: $4.2257 \text{ Tm/h} - 3.9239 \text{ Tm/h} = 0.3018 \text{ Tm/h}$

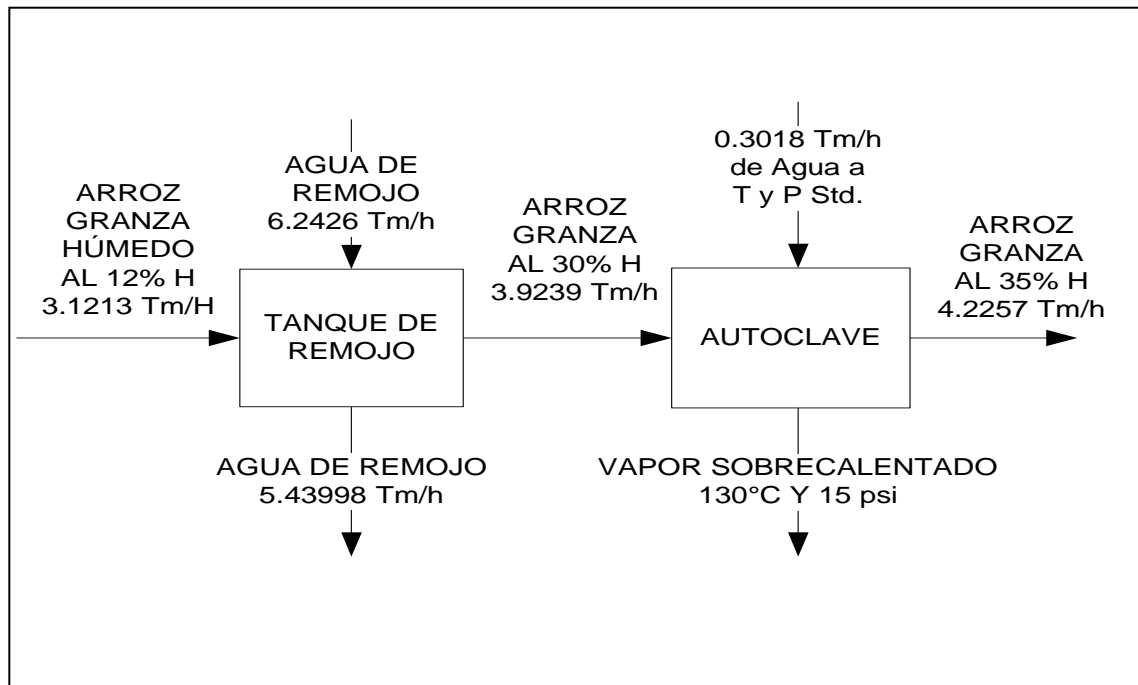


Fig. 4.2 Balance en el tanque de Remojo y en Autoclave.

4.2.3. Balance en Proceso de Secado de arroz granza precocido

Flujo de arroz granza al 12% H, saliendo del proceso de secado:

$$(2.7467 \text{ Tm/h}) / (0.88) = \mathbf{3.1213 \text{ Tm/h}}$$

A₁: 4.2257 Tm/h de arroz granza entrando al secador al 35% de humedad.

B₁: cantidad de aire al 1.57% de humedad entrando al secador a 25°C y 80% HR

A₂: 3.1213 Tm/h de arroz al 12 % de humedad saliendo del secador.

B₂: cantidad de aire al 2.477% de humedad saliendo del secador.

Realizando un balance global se tiene:

$$A_1 + B_1 = A_2 + B_2 \quad (1)$$

Realizando balance de agua se tiene:

$$0.35 \times A_1 + 0.0157 \times B_1 = 0.12 \times A_2 + 0.0247 \times B_2 \quad (2)$$

Despejando B₂ en (2) y sustituyendo en (1) se tiene:

$$B_1 = 119.274 \text{ Tm/h lo que equivale a } 101,622 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$B_2 = 120.378 \text{ Tm/h lo que equivale a } 103,025.97 \text{ m}^3/\text{h}$$

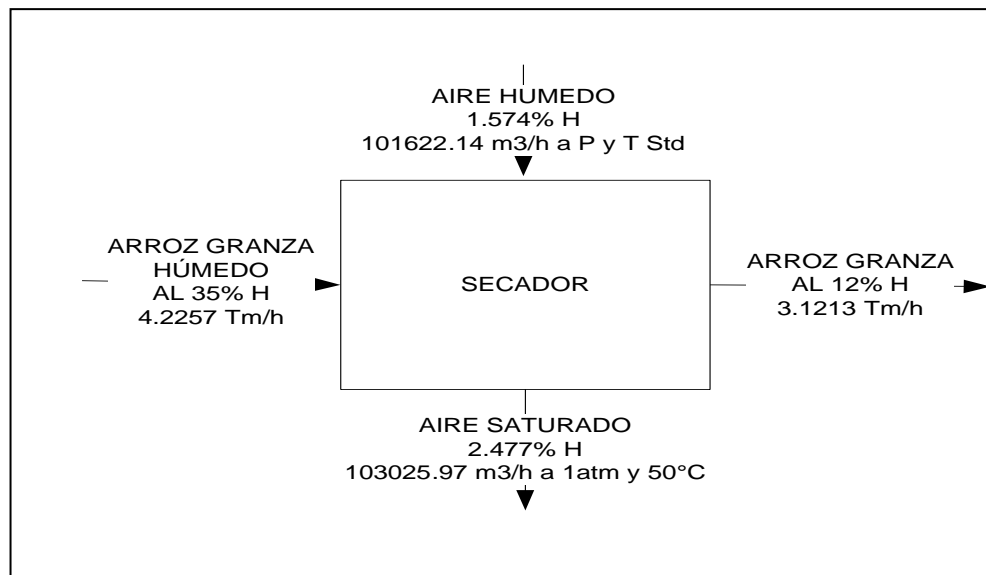


Fig. 4.3 Balance en el proceso de secado para arroz granza precocido .

4.2.4 BALANCE EN EL PRELIMPIADOR (CLIPPER) Y DESCASCARILLADOR

a. BALANCE EN EL PRELIMPIADOR (CLIPPER)

Arroz Granza al 12% de Humedad con impurezas = 3.185 Tm

Impurezas = Arroz Granza al 12% de H x (% de impurezas)

Impurezas = 3.185 Tm x 0.02

Impurezas = 0.0637 Tm

Arroz Granza limpio = (3.185 – 0.0637) Tm

Arroz Granza limpio al 12 % H = 3.1213 Tm

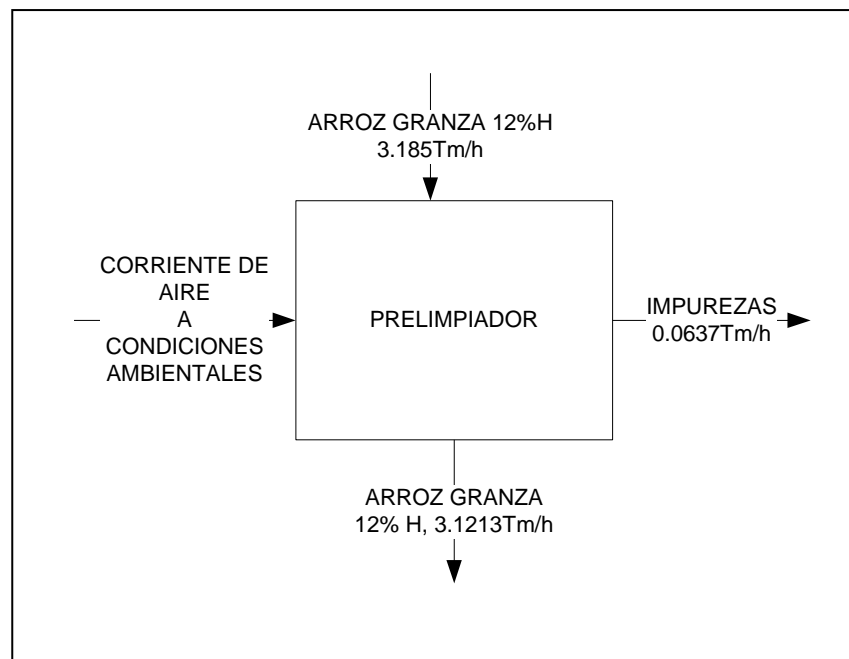


Fig. 4.4 Balance en prelimpiador para el beneficiado de arroz granza

b. BALANCE EN EL DESCASCARILLADOR

Arroz Granza limpio al 12 % de H = 3.1213 Tm/h

Dato asumido 20% de cascarilla saliendo del descascarillador

Arroz Integral = Arroz Granza limpio al 12%H – Granza desprendida

Arroz Integral = 3.1213 Tm – 0.2 x 3.1213 Tm/h

Arroz Integral = 2.49704 Tm/h

Cascarilla = 3.1213 Tm de Arroz Granza – 2.49704 Tm Arroz Integral

Cascarilla = 0.62426 Tm/h

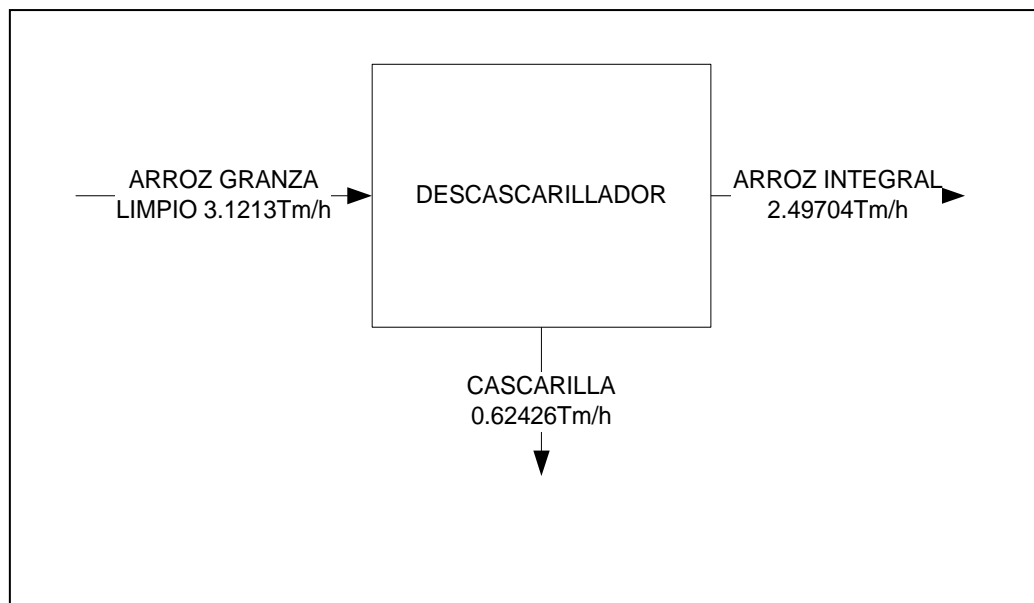


Fig. 4.5 Balance en el descascarillador para obtener arroz integral partiendo de arroz granza.

4.2.5 BALANCE EN EL PULIDOR

a. BALANCE EN EL PULIDOR PARA ARROZ PRECOCIDO

Dato asumido: 8 % de pulimento saliendo del pulidor

Arroz Integral entrando al Pulidor = 2.49704 Tm/h

Arroz Pulido saliendo del pulidor = (Arroz integral) x %pulimento

Arroz Pulido = 2.49704 Tm de arroz Integral – (2.49704 Tm x 0.08)

Arroz Pulido = 2.2973 Tm/h

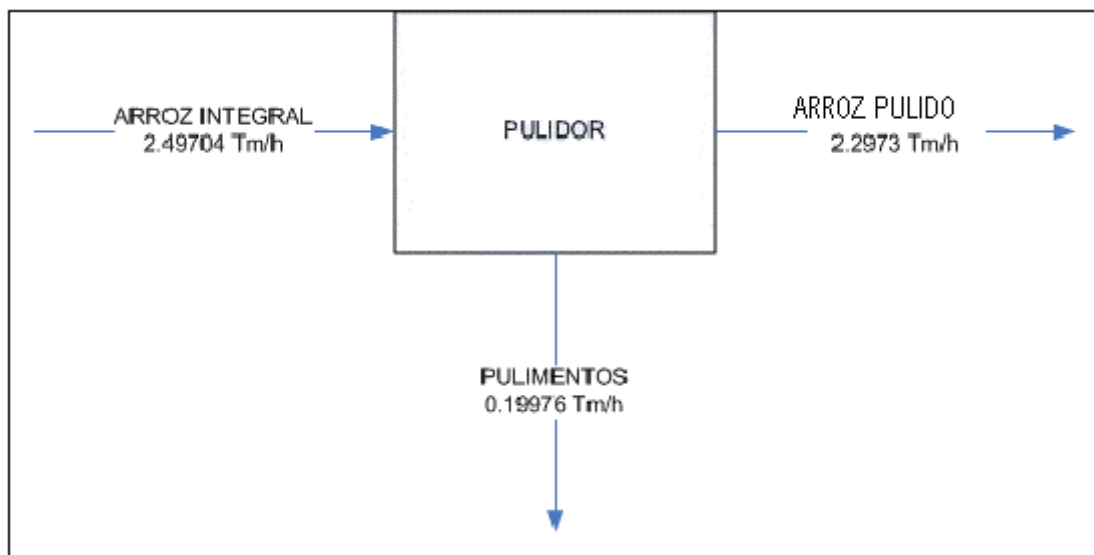


Fig. 4.6a Balance en el pulidor para obtener arroz pulido partiendo de arroz integral Precocido.

b. BALANCE EN EL PULIDOR PARA ARROZ BLANCO

Dato de pulimento 11% de pulimento

Arroz Integral entrando al Pulidor = 2.49704 Tm/h

Arroz Pulido saliendo del pulidor = (Arroz integral) x %pulimento

Arroz Pulido = 2.49704 Tm de arroz Integral – (2.49704 Tm x 0.11)

Arroz Pulido = 2.2223 Tm/h

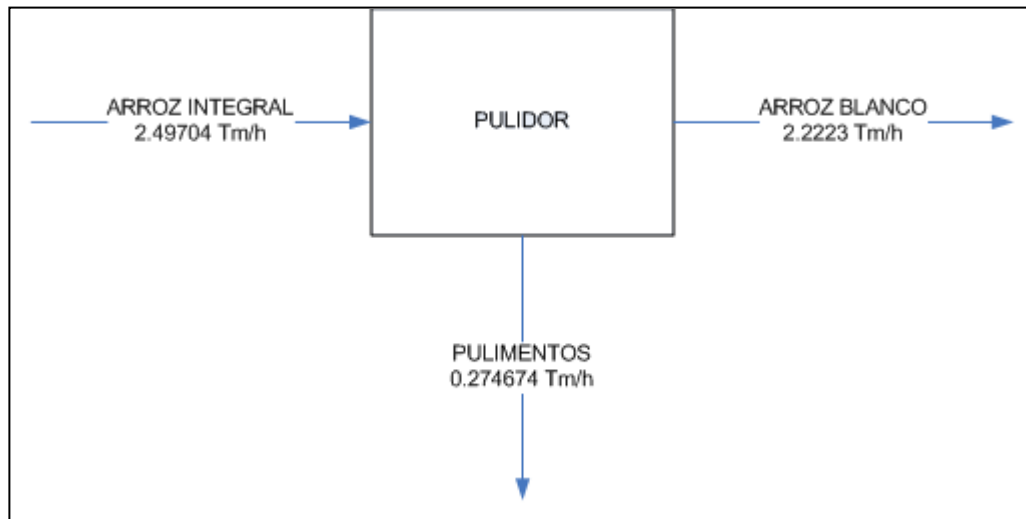


Fig. 4.6b Balance en el pulidor para obtener arroz pulido partiendo de arroz integral.

4.2.6 BALANCE EN EL CLASIFICADOR

Dato asumido 12% de Arroz Quebrado

Arroz Entero saliendo = Arroz Pulido – 0.12 x Arroz Pulido (arroz Quebrado)

Arroz Entero saliendo = 2.2223 Tm/h – 2.2223 Tm/h x 0.12

Arroz Entero saliendo = 1.955624 Tm/h

Arroz Quebrado = Arroz Pulido – Arroz Entero

Arroz Quebrado = 0.266676 Tm

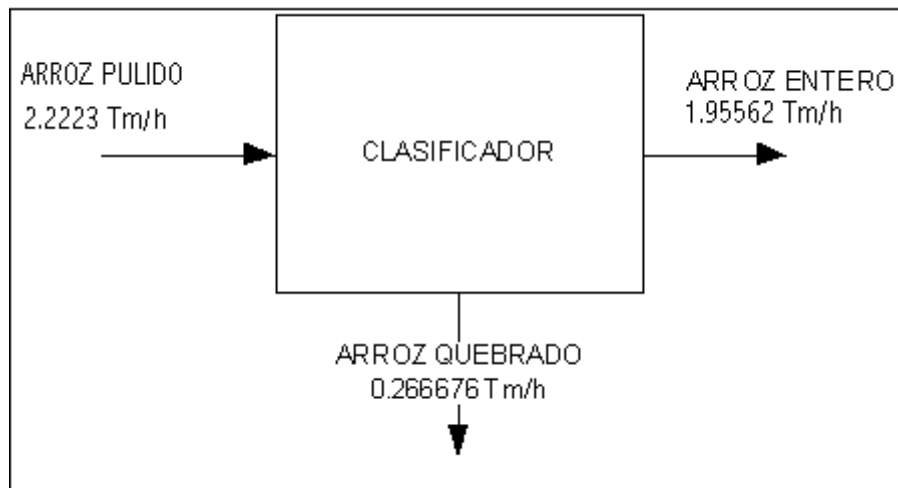


Fig. 4.7 Balance en el clasificador para obtener arroz entero y partido por separado partiendo de arroz pulido.

CUADRO 4.3-a Resumen de Balances de masa para el proceso de precocido para el arroz granza

EQUIPO	PROCESO	ENTRADA	SALIDA
Tanque de remojo	ACONDICIONAMIENTO DEL GRANO 2:1 AGUA: ARROZ GRANZA	3.1313 Tm/h, DE ARROZ GRANZA. HUMEDAD 12%	3.9239 Tm/h, DE ARROZ GRANZA. HUMEDAD 30%
		6.2426 Tm/h DE AGUA	5.43998 Tm/h DE AGUA
AUTOCLAVE	GELATINIZACION DEL GRANO POR 10 MIN. A 130 °C Y 15 psi	3.9239 Tm/h DE ARROZ GRANZA (30 %H)	4.2257 Tm/h ARROZ GRANZA 35 %H
		0.3018 Tm / h DE AGUA ENTRANDO	VAPOR SOBREALENTADO 130 °C Y 15 psi
SECADOR	SECADO DE LOS GRANOS HASTA CONDICIONES OPTIMAS	4.2257 Tm/h DE ARROZ GRANZA HUMEDO AL 35% H	3.1213 Tm/h ARROZ GRANZA AL 12% H
		101,622 m³/h DE AIRE HUMEDO A 1 atm y 25°C	103,025.97 m³/h SATURADO AL 2.477% H a 1atm y 50°C

Cuadro 4.3-b Resumen de balances de masa para el proceso de beneficiado de arroz granza.

EQUIPO	PROCESO	ENTRADA	SALIDA
SECADOR	SECADO DE ARROZ GRANZA EN 70 MIN.	3.5 Tm/h, DE ARROZ GRANZA. HUMEDAD 21%	3.185 Tm/h, DE ARROZ GRANZA. HUMEDAD 12%
		29840.75 m ³ /h DE AIRE AL 1.574% DE HUMEDAD A 1 atm Y 25°C	30247.64 M3/h DE AIRE HUMEDO SATURADO AL 2.477% DE HUMEDAD A 1 atm Y 50°C
PRELIMPIADOR	SEPARACIÓN DE IMPUREZAS GRUESAS Y FINAS	3.185 Tm/h DE ARROZ GRANZA SECO (12%H)	3.1213 Tm/h ARROZ GRANZA LIMPIO 12%H
		CORRIENTE DE AIRE FILTRADO PARA LIMPIEZA	0.0637 Tm/h DE IMPUREZAS GRUESAS, FINAS Y CASCARILLA
DESCASCARILLADOR	SEPARACIÓN DE LA CASCARILLA PARA OBTENER ARROZ INTEGRAL	3.1213 Tm/h ARROZ GRANZA LIMPIO 12%H	2.49704 Tm/h ARROZ INTEGRAL
			0.62426 Tm/h CASCARILLA
PULIDOR	PULIDO DEL ARROZ INTEGRAL	2.49704 Tm/h ARROZ INTEGRAL SIN PRECOCER	2.2223 Tm/h ARROZ PULIDO
			0.274674 Tm/h PULIMENTOS
		2.49704 Tm/h ARROZ INTEGRAL PRECOCIDO	2.2973 Tm/h ARROZ PULIDO PRECOCIDO
			0.19976 Tm/h PULIMENTOS
CLASIFICADOR	SEPARACION DEL ARROZ ENTERO Y QUEBRADO	2.2223 Tm/h ARROZ PULIDO	1.95562 Tm/h ARROZ ENTERO
			0.266676 Tm/h ARROZ QUEBRADO

4.3. PROPUESTA DE LA PLANTA DE PRECOCIDO Y BENEFICIADO DE ARROZ

Con base a los resultados obtenidos en la sección 4.2 se procede a la realización de una propuesta para la planta beneficiadora de arroz granza, dicha propuesta contiene como componentes principales el diagrama de flujo de proceso, diagrama de equipos y una propuesta para la distribución en planta, así como las condiciones de almacenamiento de acuerdo con los lineamientos establecidos en las normas técnicas sanitarias para la autorización y control de establecimientos alimentarios. (MSPAS, 2004).

4.3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Las distintas etapas que componen los procesos de precocido y beneficiado de arroz se muestran en las figuras 4.8 y 4.9

En la sección 4.3.2 se describe ambos procesos esquematizados en las figuras 4.8 y 4.9 y en anexo E se presentan los costos estimados de los equipos para el precocido y beneficiado de arroz granza.

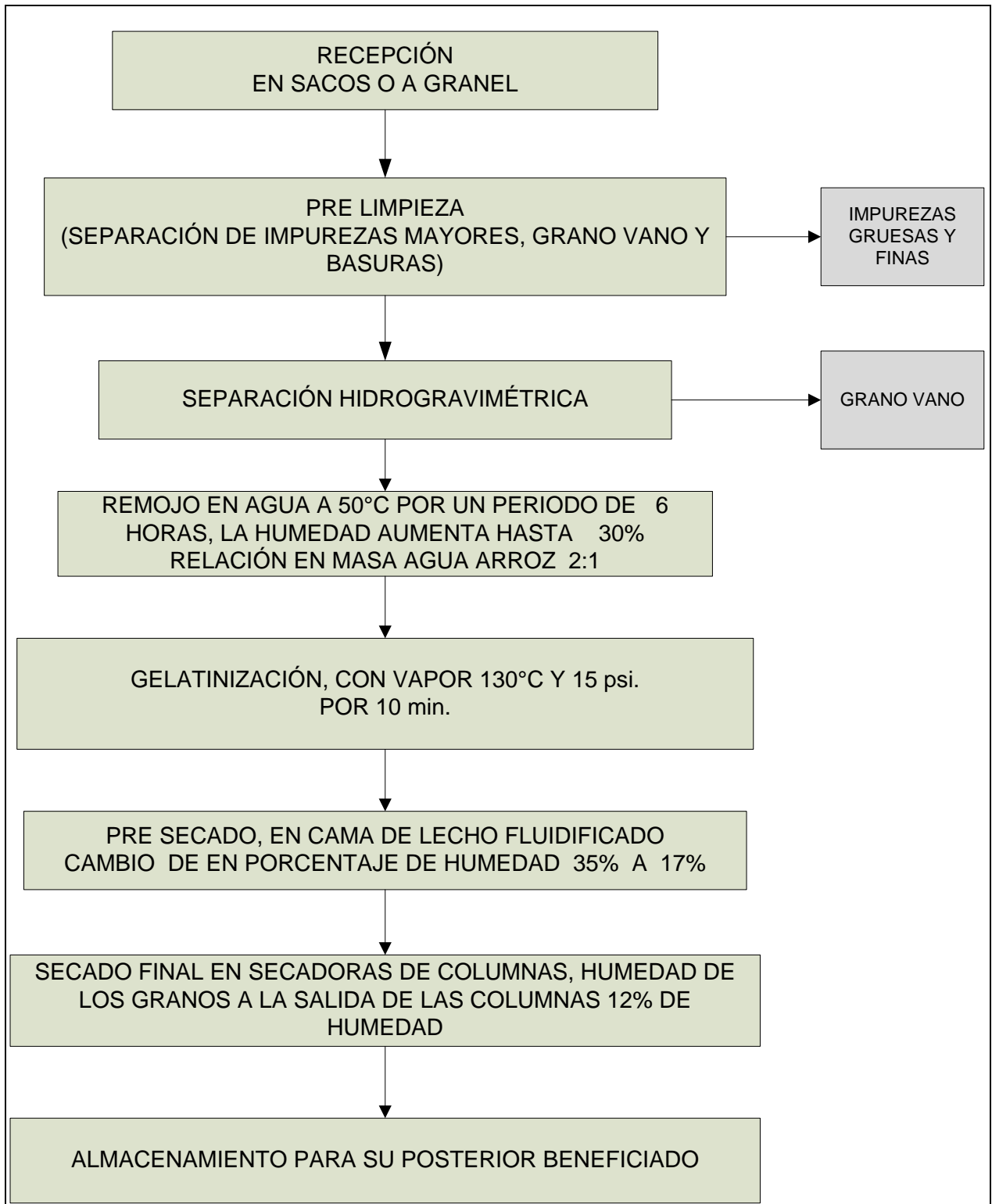


Fig. 4.8 Diagrama de flujo de proceso para el precocido de arroz granza.

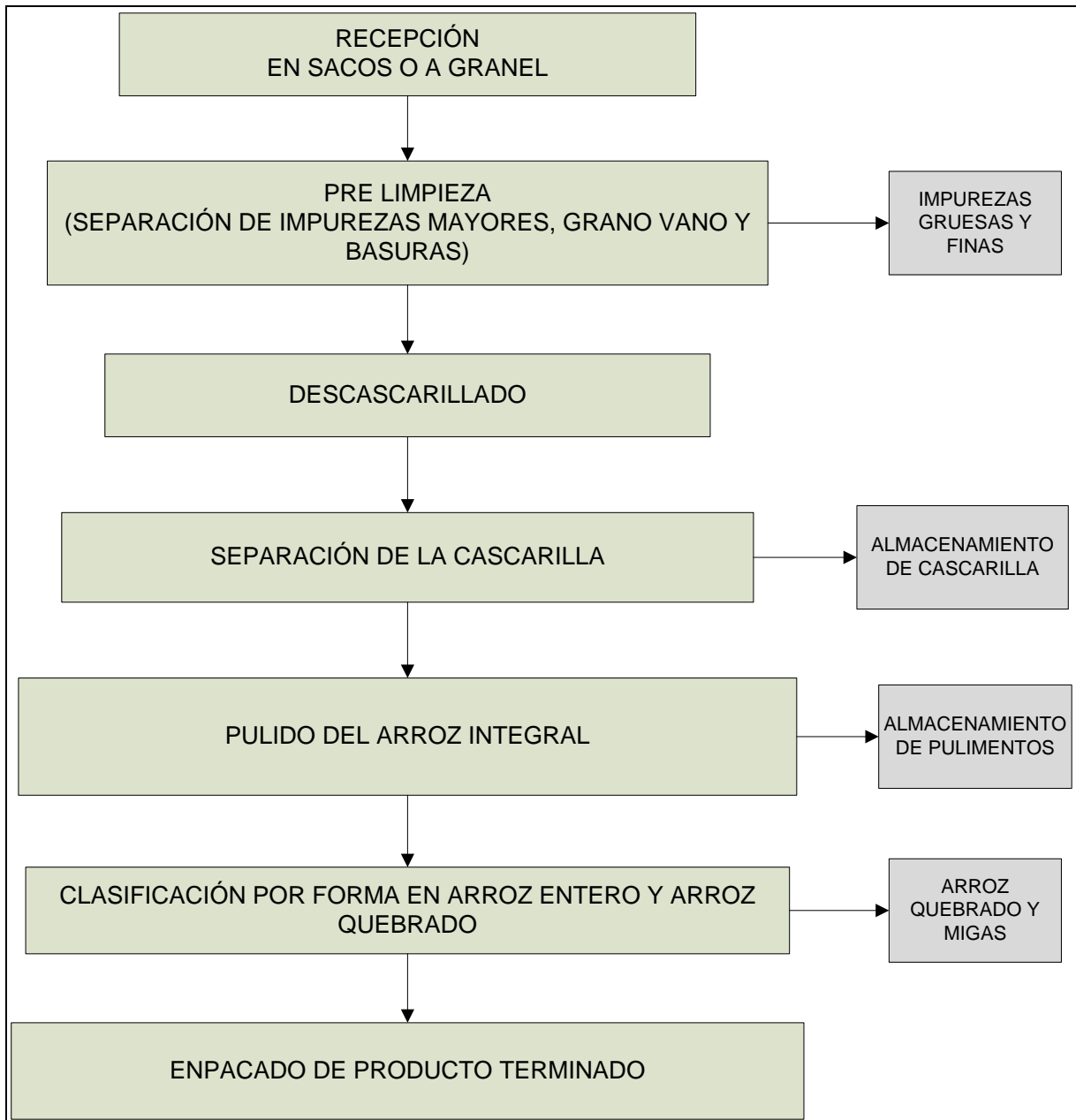


Fig. 4.9 Diagrama de flujo de proceso para el beneficiado de arroz granza.

4.3.2 DIAGRAMA DE EQUIPOS

En las figuras 4.10 y 4.11 se presentan los diagramas de equipos para los procesos de precocido y beneficiado de arroz, estos diagramas están diseñados para una producción de 3.5 toneladas métricas por hora, para una producción diaria de 14 horas diarias, cada equipo desde el prelimpiador hasta el clasificador están diseñados para que trabajen a esta capacidad. Para el precocido del arroz todo comienza por un secado y una prelimpieza, el secado se realiza en el campo en donde es cosechado el arroz granza, este arroz ya seco y limpio es transportado hacia una tolva de alimentación de donde después es transportado por medio de transportador de canguilones hacia una depósito en donde hay una separación gravimétrica en donde hay una alimentación de 2:1 de agua: arroz granza, aquí es separado el arroz vano por medio de la densidad de los granos buenos y malos, después el arroz es transportado a tanques para su respectivo remojo en el cual el arroz aumenta su humedad a 30% aquí se mantiene por un periodo de 6 horas a 50 °C. Consecutivamente el grano húmedo es transportado hacia una tolva dosificador y luego a una autoclave en donde se da la gelatinización del grano con vapor a 130 °C, 15 psi en 10 minutos el cual proviene de una caldera. Después el grano es secado hasta alcanzar una humedad de 17 °C y posteriormente hacia un secador de columna hasta alcanzar una humedad de 12% que es la óptima para su beneficiado.

Para el beneficiado se comienza con una prelimpieza del grano, a continuación es transportado y depositado en silos para ser descascarillado; en este proceso se separa la cascarilla del grano integral, el grano integral es transportado hacia los pulidores de piedra en el cual se separa el pulimento para obtener un grano pulido, ya teniendo el arroz pulido se realiza una clasificación del grano entero del quebrado para su posterior venta esta etapa se realiza en clasificadores de mesa vibratoria y cilindros clasificadores.

La distribución de los equipos está hecha en base a la secuencia de cada proceso, en el cuadro 4.4 y 4.5 se describe la correspondiente nomenclatura, una breve descripción del funcionamiento de los equipos así como la capacidad requerida de los mismos y la cantidad requerida de equipos para la operación de la planta.

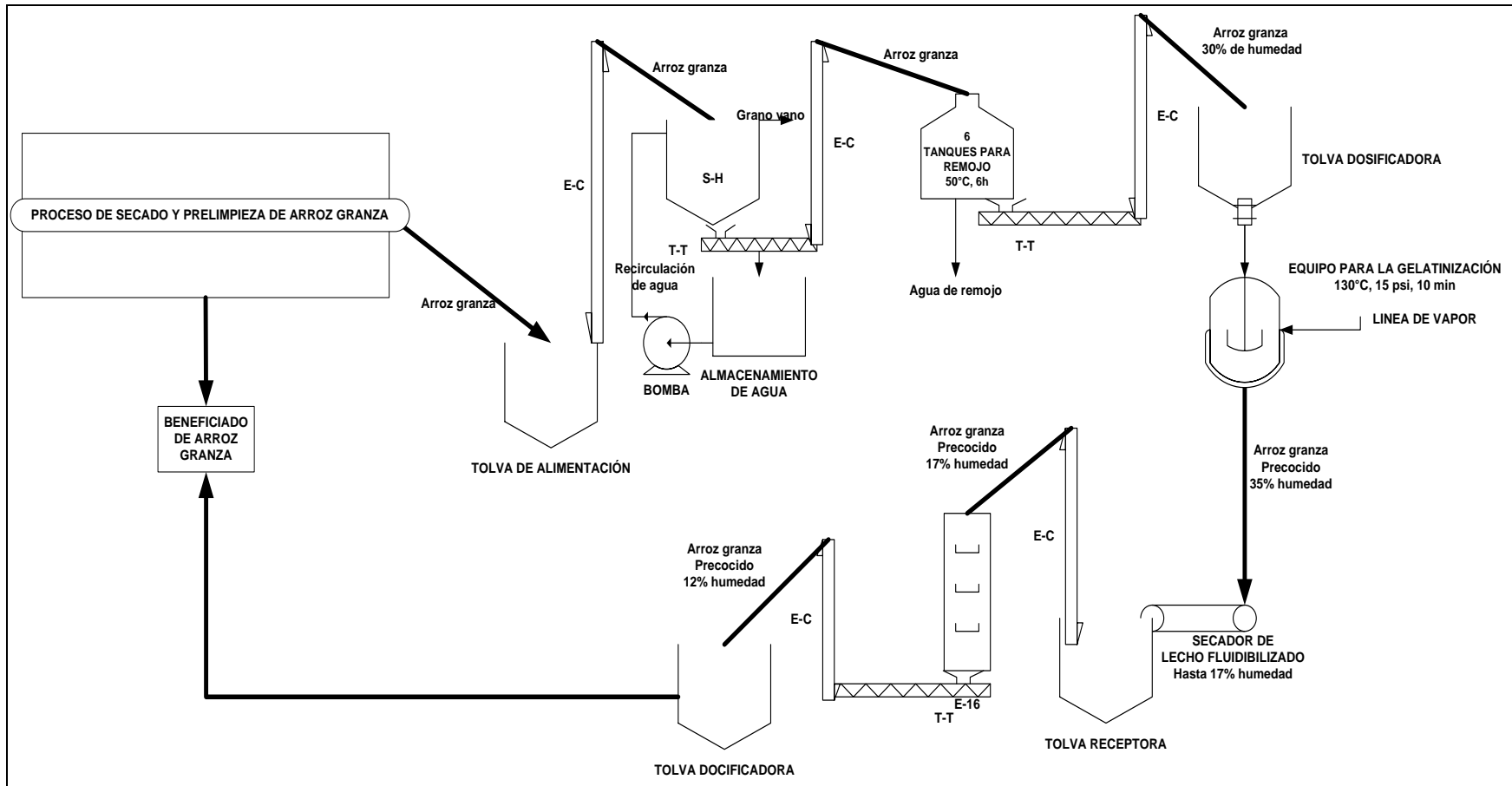


Fig. 4.10 Propuesta de distribución de equipos para el precocido de arroz granza.

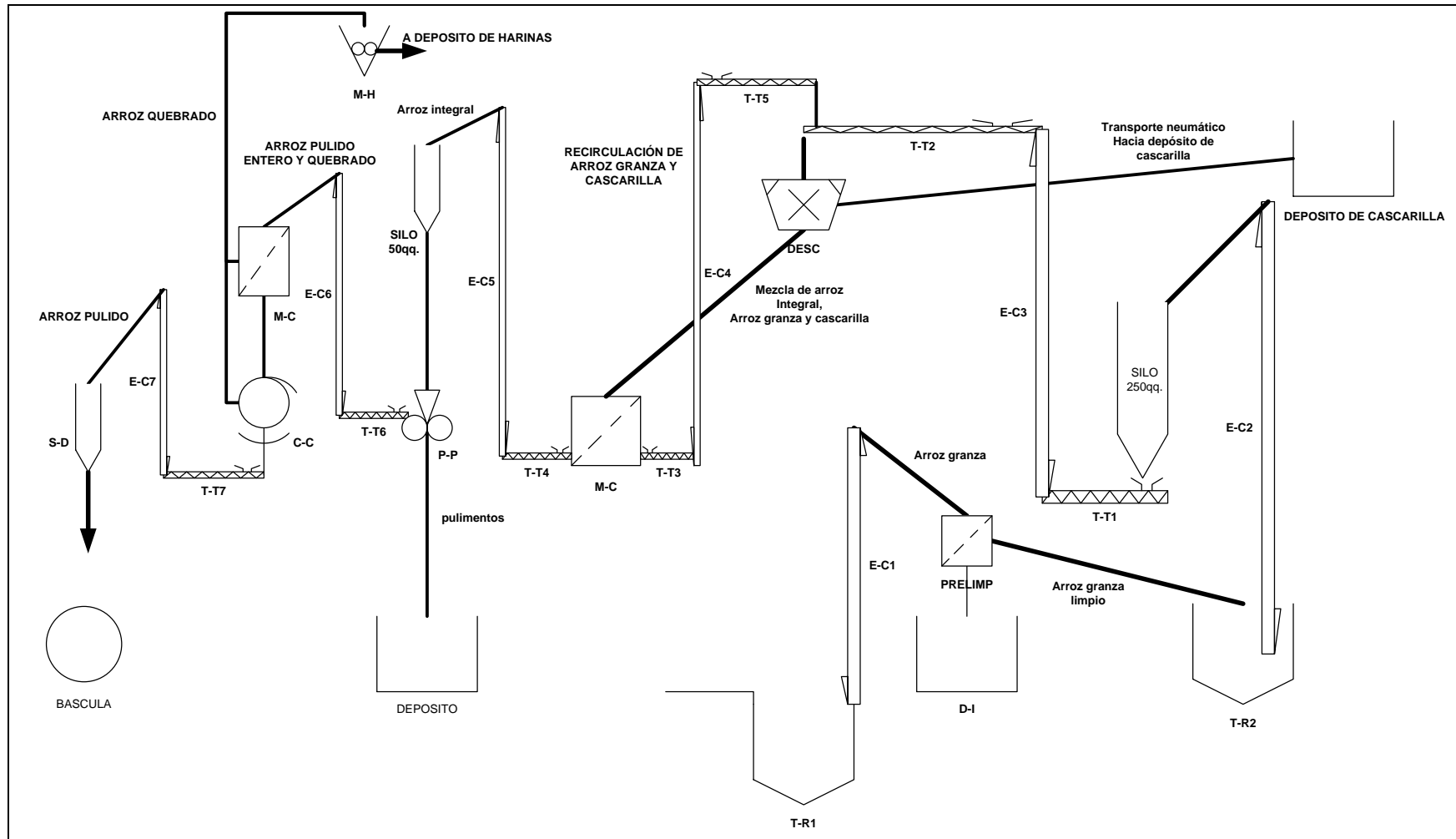


Fig. 4.11 Propuesta de distribución de equipos para el beneficiado de arroz granza.

Cuadro 4.4 Nomenclatura y capacidades de los equipos para el beneficiado de arroz granza

CODIGO	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (TON/HORA)	CANTIDAD
T-R1	TOLVA DE RECEPCIÓN	RECEPCIÓN DE ARROZ GRANZA A GRANEL, AUTOMÁTICA O MANUALMENTE	3.5	1
E-C	ELEVADOR DE CANGUILONES	ELEVA LA MATERIA PRIMA AL SIGUIENTE PUNTO DE PROCESO	3.5	7
PRELIMP	PRELIMPIADOR	SEPARACIÓN DE IMPUREZAS DE LA CORRIENTE DE ARROZ GRANZA	3.5	1
D-I	DEPOSITO DE IMPUREZAS	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LAS IMPUREZAS	1 TONELADA, PARA SER VACIADA AL FINAL DE LA JORNADA DE 14 HORAS	1
T-R2	TOLVA DE RECEPCIÓN	RECEPCION DEL ARROZ GRANZA LIMPIO, PARA SER DOCIFICADO AL PROCESO	3.5	1
SILO 250 qq.	SILO	ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA PARA MANTENER FLUJO CONTINUO EN EL PROCESO	250 QUINTALES	1
T-T	TRANSPORTADOR DE TORNILLO	DESCARGA Y CARGA A LOS EQUIPOS DEL PROCESO	3.5	7
DESC	DESCASCARILLADOR	EQUIPO PARA LA SEPARACIÓN DE LA CASCARILLA DEL GRANO DE ARROZ INTEGRAL	3.5	1
M-C	MESA DENSIMETRICA	SEPARACIÓN DEL GRANO INTEGRAL DEL ARROZ GRANZA	3.5	1

Cuadro 4.4 Nomenclatura y capacidades de los equipos para el beneficiado de arroz granza (Continuación)

CODIGO	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (TON/HORA)	CANTIDAD
SILO 250 qq.	SILO	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE ARROZ INTEGRAL PARA MANTENER EL FLUJO CONTINUO EN EL PROCESO	250 QUINTALES	1
P-P	PULIDOR DE PIEDRA	SEPARACIÓN DEL PULIMENTO DEL ARROZ INTEGRAL PARA OBTENER ARROZ BLANCO	3.5	1
M-C	MESA CLASIFICADORA	SEPARACIÓN DE MIGA Y MIGUILLA DE LA CORRIENTE DE ARROZ BLANCO	3.5	1
C-C	CLASIFICADOR CILÍNDRICO	SEPARACIÓN DEL ARROZ QUEBRADO DE LA CORRIENTE DE ARROZ PULIDO	3.5	1
S-D	SILO CON VALVULA DOSIFICADORA PARA ENVASADO	DOCIFICAR EL ARROZ PARA SER ENVASADO EN SACOS	250 QUINTALES	1
M-H	MOLINO DE HARINAS	MOLIENDA DE MIGA, MIGUILLA Y ARROZ QUEBRADO		1
T	TUBERÍAS INCLINADAS	TRANSPORTE DE MATERIALES POR GRA VEDAD	DIÁMETRO	8
T- A	TOLVA DE ALIMENTACIÓN	RECEPCIÓN DE ARROZ GRANZA A GRANEL, AUTOMÁTICA O MANUALMENTE	3.5	1
E-C	ELEVADOR DE CANGUILONES	ELEVA LA MATERIA PRIMA AL SIGUENTE PUNTO DE PROCESO	3.5	5

Cuadro 4.5 Nomenclatura y capacidades de los equipos para el precocido de arroz granza.

CODIGO	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (TON/HORA)	CANTIDAD
S-H	SEPARADOR HIDROGRA VIMÉTRICO	SEPARACIÓN DEL GRANO VANO EN LA CORRIENTE DE ARROZ GRANZA	3.5	1
T-R	TANQUES PARA REMOJO	REMOJO, EN AGUA A 50 °C, DEL ARROZ GRANZA POR SEIS HORAS. RELACIÓN VOLUMEN AGUA ARROZ DE 2:1	18.4 m ³	6
T-D	TOLVA DOSIFICADORA	DOSIFICACIÓN DEL ARROZ GRANZA REMOJADO HACIA LA AUTOCLAVE PARA SU GELATINIZACIÓN	3.5	1
E-G	AUTOCLAVE	PRECOCIDO DEL ARROZ GRANZA	2.5	2
S-L-F	SECADOR DE LECHO FLUIDIZADO	SECADO DEL ARROZ GRANZA PRECOCIDO HASTA 17% DE HUMEDAD.	3.5	3
S-C	SISTEMA SECADOR DE COLUMNAS	SECADO DEL ARROZ GRANZA PRECOCIDO HASTA 12% DE HUMEDAD	3.5	1
T-D	TOLVA DOSIFICADORA	EMPAQUE DEL ARROZ GRANZA PRECOCIDO PARA SU ALMACENAMIENTO Y/O DOSIFICACIÓN PARA BENEFICIADO	3.5	1

4.3.3 PROPUESTA PARA LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para la propuesta de distribución en planta se han tomado en cuenta algunas edificaciones que actualmente existen en la Asociación de regantes de Atiocoyo norte; entre estas se encuentran la bodega de materia prima, la planta piloto así como también el secador de columnas, la planta piloto se ha trasladado cerca del área de proceso en cambio la bodega y el secador no se han modificado por no interferir en el proceso; la planta esta distribuida de forma que el área de proceso esta separada del área de materia prima, talleres, clínica y oficina.

En el área de proceso esta distribuida de manera que se puede procesar arroz blanco o arroz precocido dependiendo de la producción y de lo planificado en la cooperativa.

En anexo G se presenta una propuesta de distribución física de los equipos en la planta, dicha distribución en cascada tiene como finalidad el ahorro de energía, al distribuir los equipos de manera que se aprovecha la fuerza de gravedad para la movilización de la materia en proceso; dicha distribución minimiza el uso de elevadores de caguilones, lo que permite un número menor de motores trabajando en la planta.

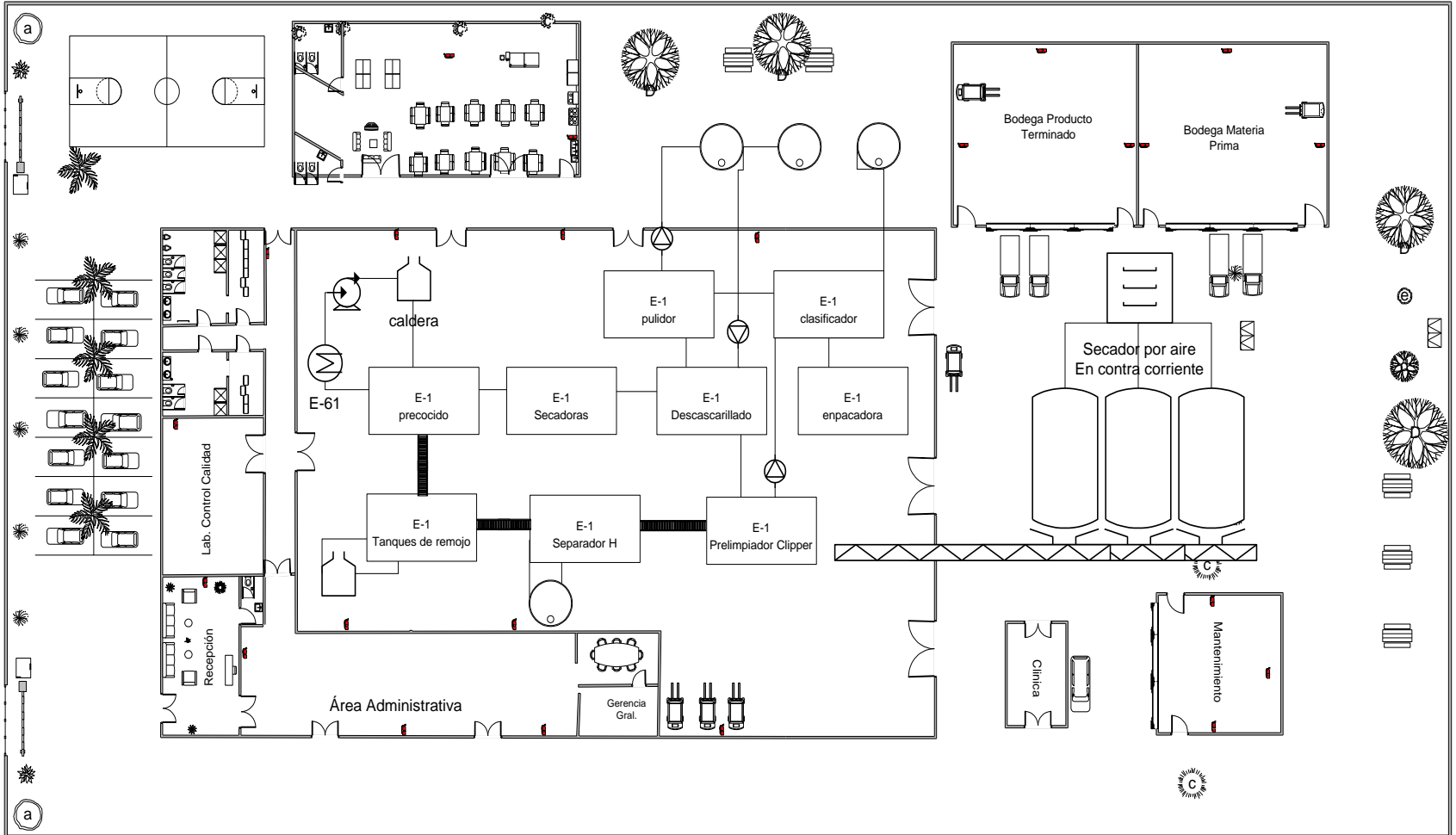


Fig.4.12 Propuesta de distribución en planta para los procesos de beneficiado y precocido de arroz para la Asociación de Regantes de Atiocoyo Norte, Chalatenango, El Salvador.

5. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS EN EL PROCESO DE BENEFICIADO DE ARROZ

Todo proceso genera productos y todo proceso genera desperdicios en un beneficiado de arroz la cantidad de residuos son grandes, y es aquí en donde se tiene que estudiar qué hacer con todos los residuos generados en un beneficio de arroz. Las alternativas para su uso son muchas pero solamente se estudiara una alternativa.

La cantidad de impurezas, granza y pulimento que se generan en un beneficiado de arroz en una jornada laborar de 14 horas, procesando una cantidad de 3.5 toneladas de arroz granza al 21% de humedad se presentan en el siguiente cuadro resumen.

Tomando como base los balances de masas del capítulo 4 en cada etapa del proceso se tiene el siguiente cuadro resumen.

Cuadro 5.1 Análisis de Residuos Generados en el Proceso de Beneficiado de Arroz

Etapas del proceso	Masa entrando a proceso (TM)	Tipo de residuo generado	Cantidad de residuo generado	Posible uso del residuo generado
Secado	3.5	Vapor de agua	0.315	-----
Pre limpiador	3.185	Impurezas	0.0637	Invernaderos, alimento para animales, abonos orgánicos.
Descascarillado	3.1213	Granza	0.6243	Invernaderos, alimento para animales, abonos orgánicos.
Pulidor	2.4970	Pulimento	0.2747	Invernaderos, alimento para animales, abonos orgánicos.
Total de residuos Tm/h			1.2777 Tm/h Al 12% H	

ENTRE LAS ALTERNATIVAS QUE SE TIENEN ESTAN:

1. Utilización de la granza como fuente de combustible.
2. Utilización de la granza para la creación de invernaderos (cultivos hidropónicos).
3. Utilización de la granza, pulimento, etc. para la fabricación de alimento para ganado.
4. Fabricación de abonos Orgánicos utilizando todos los residuos generados en el campo y beneficio de arroz.

Para una mejor aplicación se puede utilizar porcentajes de los residuos generados para cada alternativa y así tener un aprovechamiento integral del arroz.

5.1 PRODUCCION DE ABONOS ORGANICOS (Shintani. M, Leblanc. 2000)

Una agricultura sostenible requiere un manejo adecuado del ecosistema y de los recursos que se encuentran disponibles en el campo, como agua, suelo y cultivos y sus subproductos valiosos que se han catalogado como desechos.

Estos remanentes o desechos, si no son tratados apropiadamente, contaminan el medio ambiente, en especial ríos, quebradas y las comunidades aledañas y pierden su valor como recurso valioso para el campo. La problemática anterior, todavía existe hoy debido a la falta de información que poseen muchos agricultores. Es necesario ser conscientes de que para alcanzar una agricultura sostenible se debe aprovechar todos los materiales producidos en la finca, evitando que se conviertan en fuentes de contaminación. Al utilizar los desechos (residuos de cosecha) el agricultor puede beneficiarse económicamente. La concepción del desecho como producto inútil hay que modificarla para hacer un verdadero uso racional de los recursos. En agricultura sostenible, el desecho se conoce como remanente, por que este es parte fundamental del sistema productivo. Su valor no solo es económico sino ecológico pues puede fácilmente ser aprovechado para la fabricación de abonos orgánicos. El uso de los remantes en la fábrica de abonos orgánicos en el campo, conducirá a una menor dependencia de los insumos externos a la finca, con un consiguiente ahorro de dinero, y colocara al agricultor en una posición independiente y un campo más

sostenible. El medio ambiente y en definitiva la comunidad también ganaran con la adopción de esta practica ya que tendrían fuentes de agua mas limpias, se librarán muchas áreas de los malos olores y mejorara las percepciones externas e internas de la comunidad y promoverá mejores relaciones sociales de la comunidad. En el anexo **C** se encuentra todo lo relacionado a los diferentes abonos orgánicos que se pueden producir utilizando los subproductos generados en el campo y en el beneficiado de arroz, como lo es el compostaje y el bokashi utilizando microorganismos eficaces para una producción de abonos a nivel industrial.

6. OBSERVACIONES

1. En El Salvador el arroz por el rendimiento que este tiene por manzana se convierte en uno de los cereales de los cuales se logra mayores beneficios económicos generando por manzana rendimientos superiores a 130 quintales, en comparación con otros cereales los cuales sus rendimientos son inferiores.
2. Por las características del cultivo y las características superficiales de las zonas del distrito de riego de Atiocoyo Norte, este cereal es el ideal para su explotación en toda época del año, logrando así obtener las mayores áreas de cultivo de este cereal en todo el país, aumentando así los ingresos económicos de los productores de los municipios que rodean el distrito de riego de Atiocoyo norte y sur.
3. Dentro del diseño del proceso de beneficiado y precocido de arroz, debe incluirse una distribución de los equipos que permita ahorrar energía y espacio para la realización del mismo, debe investigarse las opciones que permitan optimizar dichos procesos.
4. Crear un centro de acopio en el cual se almacene el arroz granza de los distintos productores en el cual permitiría la realización de la prelimpieza y secado del grano, en una operación concentrada.
5. La disponibilidad de energía solar en El Salvador, puede ser aprovechada para el secado de arroz en épocas de cosecha, lo que requeriría ampliar los patios de secado de manera que se puedan secar 3.5 Tm/h de arroz granza al 21% de humedad.

7. CONCLUSIONES

1. El arroz es un material cuyas características de flujo de masa de partículas lo convierten en un material granulado con una excelente fluidibilidad, lo que facilita en su transporte en cada etapa del proceso de precocido y beneficiado de arroz, aprovechando esta característica para la utilización de la gravedad como medio de transporte para el paso de una etapa a otra en ciertos puntos del proceso.
2. Por las propiedades de masa de partículas propias del arroz granza y arroz blanco, este cereal posee una excelente fluidibilidad de partículas, con lo que se considera que es un cereal con flujo libre. Lo que significa puede fluir libremente no importando el ángulo de inclinación que una tolva o silo se encuentren en el momento de que este cereal pase de una etapa del proceso a otra. Lo cual se verifico en la determinación del ángulo de fricción interna.
3. En un beneficiado de arroz la cantidad de residuos generados por jornada laboral es significativa, generando 1.2777 Tm de residuos por hora en una producción de 3.5 Tm por hora entre impurezas, granza y pulimento; para un 36.51% de residuos totales, lo que equivale a un total de 17.7888 Tm/día de operación de 14 horas de trabajo. Potenciando así este rubro para la creación de otra área en la planta para el aprovechamiento integral de todos los recursos del proceso de precocido y beneficiado de arroz, con otras áreas de producción de la zona.
4. Para obtener arroz granza con una humedad óptima de secado (12% de humedad) se necesitan alrededor de 70 minutos en secador de convención indirecta para un rango de temperatura de 45-50°C para pasar de 21% a 12% de humedad que es el valor óptimo para su procesamiento.

5. El rendimiento de arroz pulido / arroz granza resulta ser de 71.5% de producto lo que indica que el 28.5% que se genera en un beneficio de arroz son desperdicios tales como granza, impurezas, pulimento etc. convirtiéndose así en una importante fuente para la generación de nuevos productos para las industrias agrícolas y ganaderas.

6. El rendimiento de arroz entero / arroz granza resulta ser de 62.3%, el cual indica el porcentaje de grano óptimo para comercializar de primera clase, partiendo de arroz granza limpio, con una humedad de 12%. Para una capacidad total en planta de 27.37868 Tm de arroz entero/día.

7. La distribución en cascada resulta ser la alternativa de mejores resultados con respecto al ahorro de energía, equipo y espacio, tal como se indica en anexo I

8. RECOMENDACIONES

1. Por la gran cantidad de residuos que se genera en el proceso de precocido y beneficiado de arroz, crear un convenio con los productores de otros productos tales como pescado, frutas y ganado de la cooperativa de regantes de Atiocoyo Norte para la fabricación de alimentos para ganado, concentrado para peces, abonos orgánicos e invernaderos y así tener un aprovechamiento integral de todos los residuos que se generan en la zona.
2. Rehabilitar y dar mantenimiento al secador de columna que posee La Cooperativa de Regantes de Atiocoyo Norte para que se realice el secado del arroz granza después de que este es cortado del campo.
3. Crear convenios con productores de otras áreas para el aprovechamiento de los residuos que cada productor genera y así crear sub. productos de todos los residuos generados obteniendo así un desarrollo sostenible en el sector.
4. Destinar distintos porcentajes de los residuos generados en las distintas áreas de producción generados en La Cooperativa de Regantes de Atiocoyo Norte para producción de bokashi, concentrado para peces, alimento para ganado. Invernaderos hidropónicos, etc.
5. Instalar un molino para producción de harinas, a partir de los granos quebrados que se obtiene en el proceso y de las miguillas y migas que se generan en el proceso del beneficiado de arroz.
6. Destinar distintos porcentajes de arroz granza para la producción de arroz precocido y la producción de arroz blanco dependiendo de la demanda de los distintos arroces y del rendimiento de grano entero que se obtenga.

9. REFERENCIAS

9.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Carr, R.L. (1965)**. "Evaluating Flow Properties of Solids". Chemical Engineering, January 18, Pg. 163-168.
2. **(CEMPOSCO) (2008)**, Laboratorio de Control de Calidad para cereales Centroamérica Post Cosecha S.A. de C.V., El Salvador
3. **Copyright Carrier Corporation (1975)**, "Carta psicrométrica para presión y temperaturas bajas". Cat. No. 794-002 impreso en U.S.A.
4. **Coulson, Richardson's(2000) CHEMICAL ENGINEERING VOLUME 5th. EDITION Particle Technology and Separation Processes (año y editorial)**
5. **Desrosier Morman W. (1990)** Elementos de Tecnología de Alimentos. Avi Publishing Company, Séptima Impresión.
6. **D.G.E.A. -M.A.G (2006/2007)**. Encuesta de Intenciones de Siembra,.. FECHA: Revisado DIC. 2007.
7. **Magaña G., Morales R., Sibrian O. (2006)**, "Diseño y Fabricación de un Secador Solar de Convección Natural", Operaciones Unitarias 2. Secador Solar. Planta Piloto de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de El Salvador.
8. **MAG – FAO (2001)**. "Proyecto Planta Beneficiadora de Arroz". Estudio realizado para la Asociación de Regantes de Atiocoyo. Nueva Concepción, Chalatenango.
9. **Meyer M. ,Marco R., Pahriniesi, G . (1990.)** "ELABORACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS". 2da Edición. Trillas, Mexico.
10. **Morales E. (2008)**. Entrevista y visita a Laboratorios de Control de calidad Centroamericana Post Cosecha S.A. de C.V, (CENPOSCO), El Salvador.
11. Planta Piloto Asociación de Regantes de Atiocoyo Norte El Salvador. 2008.

12. **Rico Peña D.C., (2007).** “PROPIEDADES DE FLUJO DE MASA DE PARTÍCULAS” Cuaderno de cátedra de Procesos de Separación y Manejo de Sólidos, Universidad de El Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Química.

13. **Shintani. M, Leblanc. Tabora. P. (2000)** BOKASHI Tecnología Tradicional adaptada para una agricultura sostenible y un manejo de desechos modernos. EARTH. Costa Rica Primera edición

14. **UES (2008)** PLANTA PILOTO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

9.2 REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

1. **“Agromachine Importaciones y Exportaciones”** Proveedor Global de equipos y Soluciones Técnicas para la Agroindustria. Extraído el 23 de julio de 2008 de: <http://www.agromachine.com.br>
2. **Botanical-online SL. (1999-2008)**, **“PRODUCCION Y CLASES DE ARROZ”**, Consultado 15 de febrero de 2008. Disponible en www.botanical-online.com/arrozproduccioniclasses.htm
3. **Centro Universitario "José Martí" , Cuba (2007)** Aspectos teóricos de la operación de secado y su aplicación en productos sólidos, consultado 15 de Noviembre del 2008. Disponible en: www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml
4. **“Cultivo del Arroz”**. Extraído el 31 de octubre de 2007 de: www.fedearroz.gov.co
5. **Correa. Margarita Microorganismos Eficaces 2003.** disponible en www.ots.duke.edu/en/paloverde/docs/manual_organico.pdf. extraído el 25 de junio del 2008
6. **“Desarrollo del Arroz”**. Extraído el 28 de octubre de 2007 de: www.cipca.org.pe/informacionydesarrollo\arroz
7. **Elaboración de Abonos Orgánicos 2003.** disponible en: www.webdehogar.com/jardineria/compost-compostaje-abono-organico-elaboracion-componentes.htm Extraído el 29 de junio del 2008

8. **“El Arroz”**. Extraído el 31 de octubre de 2007 de:
www.viarosario.com/viagourmet/sabores

9. **Fundación Grupo EROSKI, Escuela Idea Sana, (marzo-abril 2005.)** **“EL ARROZ EN SU PUNTO”**. Consultado el 10 de febrero de 2008. Disponible en www.alimentacion-sana.org.

10. **Franquet Bernis J.M, Borràs Pàmies C. (2004.)** **VARIEDADES Y MEJORA DEL ARROZ: *oriza sativa, L.***” Universidad Internacional de Catalunya Escuela Universitaria de Ciencias Experimentales y Tecnología. Barcelona, España

11. **Jarabo Friedrich F. García Álvarez F.J., Marrero Hernández M.C.**
“JORNADAS “ACÉRCATE A LA QUÍMICA””, Experimentar en una planta piloto, Universidad de la Laguna, consultado el 20 de febrero de 2008. Disponible en: <http://www.quimica.ull.es/Jornadas04/IQ/AcercateIQ.htm>

12. **PRODUCTOS AGRI-NOVA Science, (1999)** **“EL CULTIVO DEL ARROZ”**. Consultado el 4 de marzo de 2008. Disponible en www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm

13. **Quirós P., Anastacia; Albertin B., Andrea; Blázquez S., Manuel.** **ELABORE SUS PROPIOS ABONOS, INSECTICIDAS Y REPELENTES ORGÁNICOS** 36 p. 2004. disponible en: www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid extraído el 25 de junio del 2008.

14. **Ruiz Gallo P. (2005).** **PROCESO PARA LA ELABORACION DE ARROZ PARBOLIZADO** Consultado el 20 de febrero del 2008. Disponible en: <http://html.rincondelvago.com/elaboracion-de-arroz-parbolizado.html>

15. **UNC(2003)**, Facultad de Medicina, Departamento de Nutrición y Dietética.

“Antropología Alimentaria El Arroz”. Bogotá, Colombia.

16. **Universidad de Maracaibo. (Diciembre de 2000)**. Facultad de Ingeniería,

“PLANTAS INDUSTRIALES” Escuela de Ingeniería Industrial, 1er Semestre.

Consultado el 20 de febrero de 2008. Disponible en:

<http://html.rincondelvago.com/plantas-industriales.html>

ANEXOS

ANEXO A

Estadísticas de producción de arroz en El Salvador

CUADRO A-1 Superficie, Producción y Rendimiento de arroz según región, Departamento y Cosecha en El Salvador 2005 - 2006

REGION Y DEPARTAMENTO	SUPERFICIE (Manzanas)	PRODUCCIÓN Quintales Granza	RENDIMIENTO (Qq.Granza/Mz.)
REGION I	268	26,508	98.9
Ahuachapán	100	10,000	100.0
Santa Ana	68	7,508	110.4
Sonsonate	100	9,000	90.0
REGION II	4,000	431,033	107.8
Chalatenango	1,340	147,400	110.0
La Libertad	2,240	246,333	110.0
San Salvador	50	4,000	80.0
Cuscatlán	370	33,300	90.0
REGION III	207	16,135	77.9
La Paz	50	3,875	77.5
Cabañas	30	2,100	70.0
San Vicente	127	10,160	80.0
REGION IV	1,701	130,900	77.0
Usulután	1,447	108,500	75.0
San Miguel	150	13,500	90.0
Morazán	54	4,400	81.5
La Unión	50	4,500	90.0
TOTAL PAIS	6,176	604,576	97.9
Primera Cosecha (invierno) (Zonas Arroceras)	4,376	395,576	90.4
Segunda Cosecha (verano) (Distritos de Riego)	1,800	209,000	116.1

FUENTE: Encuesta de Intenciones de Siembra, 2005/2006. D.G.E.A. - M.A.G.
FECHA: Revisado Junio /2005

**CUADRO A-2 Superficie, Producción y Rendimiento de arroz según región,
Departamento y Cosecha 2006-2007 en El Salvador.**

REGION Y DEPARTAMENTO	SUPERFICIE (Manzanas)	PRODUCCION Quintales Granza	RENDIMIENTO (QQ.Granza/Mz.)
REGION I	568	60,252	106.1
Ahuachapán	100	8,300	83
Santa Ana	100	10,000	100
Sonsonate	368	41,952	114
REGION II	4,878	576,400	118.2
Chalatenango	1,271	144,000	113.3
La Libertad	2,963	380,880	128.5
San Salvador	200	16,000	80
Cuscatlán	442	49,920	112.9
REGION III	244	19,110	79
La Paz	112	8,960	80
Cabañas	50	3,750	75
San Vicente	80	6,400	80
REGION IV	304	26,480	87.1
Usulután	90	9,000	100
San Miguel	100	9,000	90
Morazán	64	4,480	70
La Unión	50	4,000	80
TOTAL PAIS	5,992	682,242	113.9
Primera Cosecha (invierno) (Zonas Arroceras)	5,292	580,532	109.7
Segunda Cosecha (verano) (Distritos de Riego)	700	101,710	145.3

FUENTE: Encuesta de Intenciones de Siembra, 2006/2007. D.G.E.A. – M.A.G.
FECHA: Revisado DIC. 2007

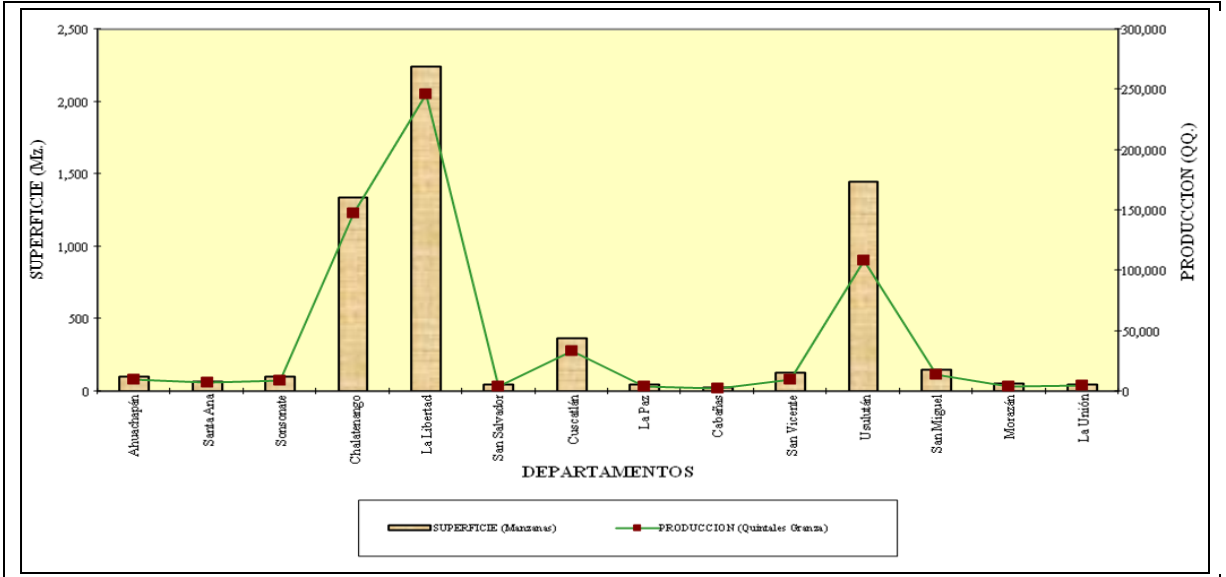


Fig.A-1 Superficie y Producción de Arroz por Departamento en El Salvador 2005-2006

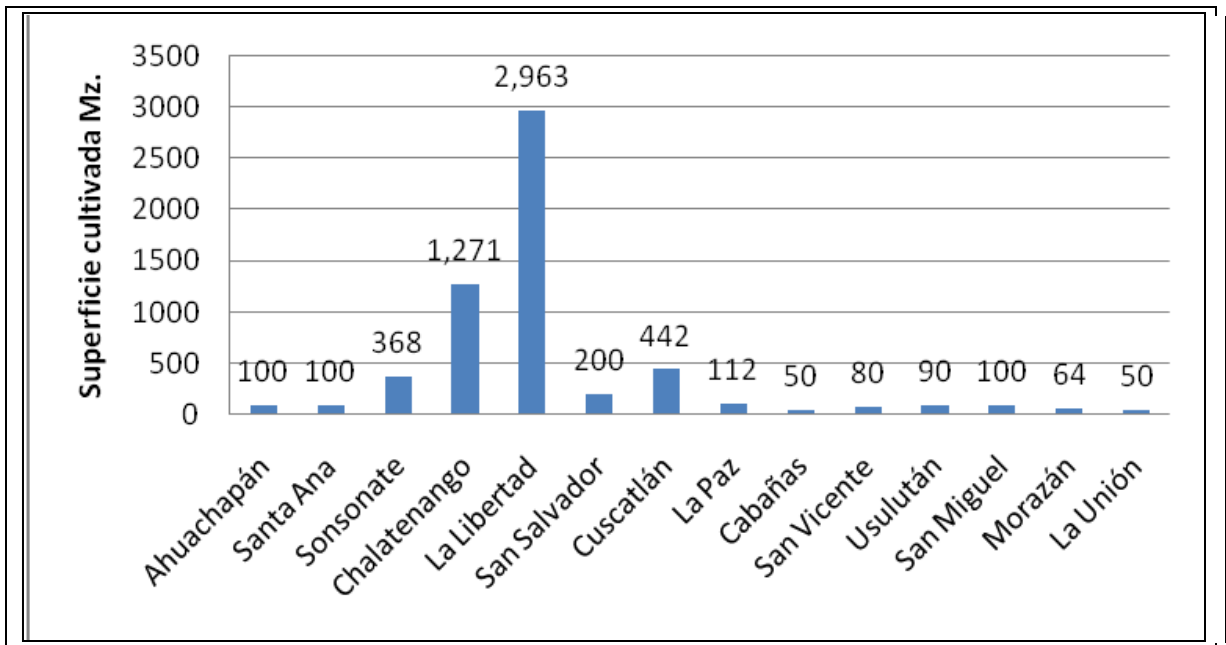


Fig. A-2 Superficie Cultivada de arroz por departamento en El Salvador 2005-2006

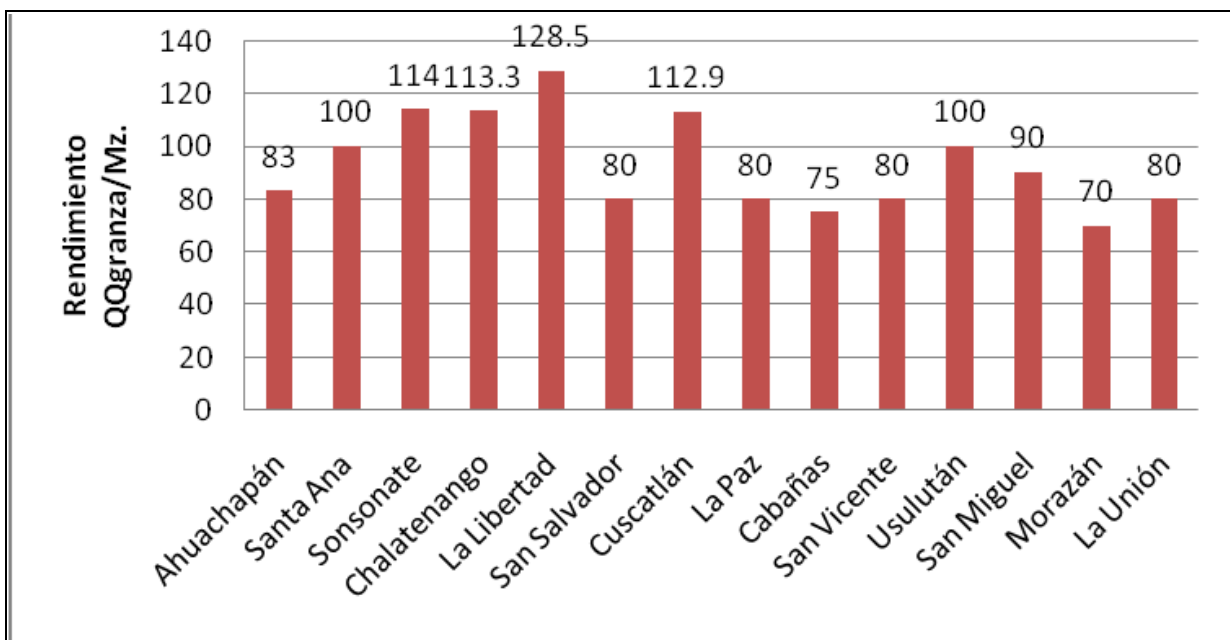


Fig. A-3 Rendimientos de Arroz por Departamento en El Salvador 2006-2007

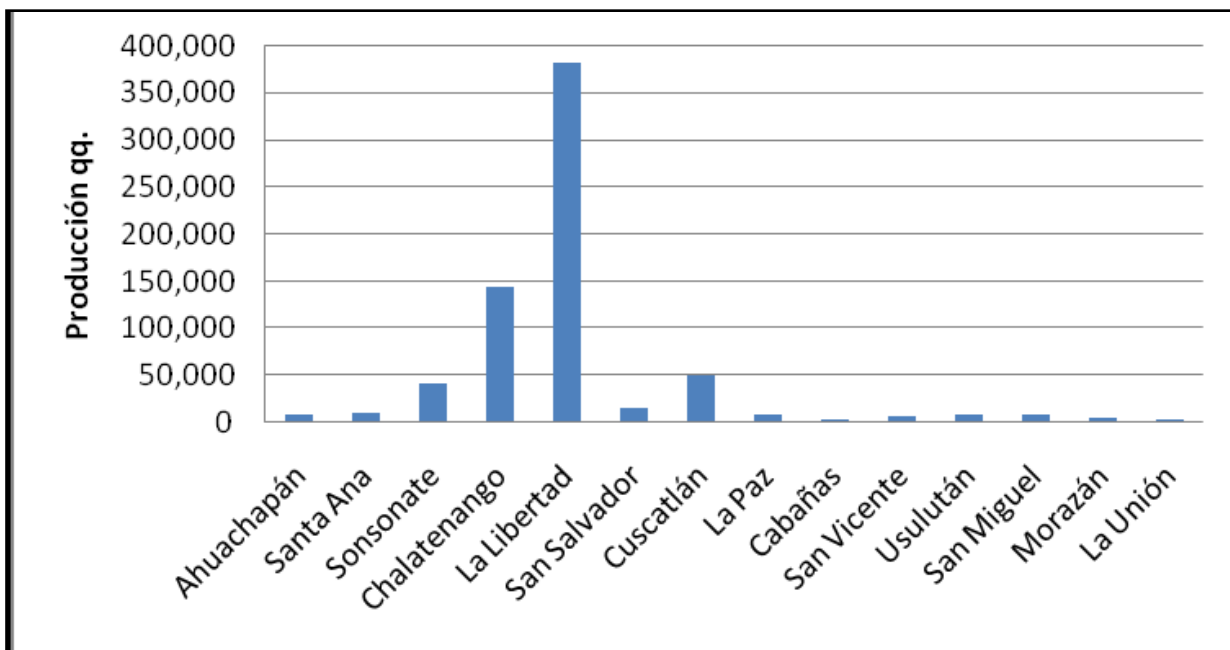


Fig. A-4 Producción de Arroz por Departamento en El Salvador 2006-2007

ANEXO B

CUADRO B-1 RANGOS PARA LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD DE SÓLIDOS SECOS

FLOWABILITY AND PERFORMANCE	ANGLE OF REPOSE		COMPRESSIBILITY		ANGLE OF SPATULA		UNIFORMITY COEF*.		COHESION**	
	Deg.	Points	%	Points	Deg.	Points	Units	Points	%	Points
EXCELLENT, 90-100 pts. Aid not needed Will not arch	25 26-29 30	25 24 22.5	5 6-9 10	25 23 22.5	25 26-30 31	25 24 22.5	1 2-4 5	25 23 22.5		
GOOD, 80-89 pts. Aid not needed Will not arch	31 32-34 35	22 21 20	11 12-14 15	22 21 20	32 33-37 38	22 21 20	6 7 8	22 21 20		
FAIR, 70-79 pts. Aid not needed (but vibrate if necessary)	36 37-39 40	19.5 18 17.5	16 17-19 20	19.5 18 17.5	39 40-44 45	19.5 18 17.5	9 10-11 12	19 18 17.5		
PASSABLE, 60-69 pts. Borderline, Material may hang up	41 42-44 45	17 16 15	21 22-24 25	17 16 15	46 47-59 60	17 16 15	13 15-16 17	17 16 15	6	15
POOR, 40-59 pts. Must agitate Vibrate	46 47-54 55	14.5 12 10	26 27-30 31	14.5 12 10	61 62-74 75	14.5 12 10	18 19-21 22	14.5 12 10	6.9 10-29 30	14.5 12 10
VERY POOR, 20-39 pts. Agitate more Positively	56 57-64 65	9.5 7 5	32 33-36 37	9.5 7 5	76 77-89 90	9.5 7 5	23 24-26 27	9.5 7 5	31 32-54 55	9.5 7 5
VERY VERY POOR, 0-19 p. Special Agit. Hopper or eng'g	66 67-89 90	4.5 2 0	38 39-45 >45	4.5 2 0	91 92-99 >99	4.5 2 0	28 29-35 >36	4.5 2 0	56 51-79 >79	4.5 2 0
*Used with granular and powdered granular materials										
** Used with powders or where an effective cohesion can be measured										

Ref. (Carr., 1965)

CUADRO B-2 RANGOS PARA LA EVALUACIÓN DEL GRADO DE FLUIDIBILIDAD PARA SÓLIDOS SECOS

FLOODABILITY AND PERFORMANCE	FLOWABILITY		ANGLE OF FALL		ANGLE OF DIFFEREN.		DISPERSABILITY	
	Pts.(Ta.II)	Points	Deg.	Points	Degree	Points	%	Points
VERY FLOODABLE, 80-100 pts.	60+	25	10	25	30+	25	50+	25
Positive rotary seal	59-56	24	11-19	24	29-28	24	49-44	24
will be necessary	55	22.5	20	22.5	27	22.5	43	22.5
	54	22	21	22	26	22	42	22
	53-50	21	22-24	21	25	21	41-36	21
	49	20	25	20	24	20	35	20
FLOODABLE, 60-79 pts.	48	19.5	26	19.5	23	19.5	34	19.5
Rotary seal will	47-45	18	27-29	18	22-20	18	33-29	18
be necessary	44	17.5	30	17.5	19	17.5	28	17.5
	43	17	31	17	18	17	27	17
	44-40	16	32-39	16	17-16	16	26-21	16
	39	15	40	17	15	15	20	15
INCLINED TO FLOOD	38	14.5	41	14.5	14	14.5	19	14.5
40-59 pts. Rotary seal	37-34	12	42-49	12	13-11	12	18-11	12
is desirable	33	10	50	10	10	10	10	10
COULD FLOOD, 25-39 pts.	32	9.5	51	9.5	9	9.5	9	9.5
Rotary seal probably needed	31-29	8	52-56	8	8	8	8	8
depending on drop velocity	28	6.25	57	6.25	7	6.25	7	6.25
WON'T FLOOD, 0-24 pts.	27	6	58	6	6	6	6	6
Rotary seal will	26-23	3	59-64	3	5-1	3	5.1	3
not be needed	<23	0	>64	0	0	0	0	0

Ref. (Carr., 1965)

ANEXO C.

COMPOSTADO (Producción de Abonos Orgánicos. 2003)

El compost es la mezcla de restos vegetales y animales y tiene el propósito de acelerar la descomposición natural de estos materiales. Esta descomposición se lleva a cabo por microorganismos. El compost no lleva una receta fija para hacerlo porque se puede usar todo material que sea natural. Lo mejor, porque resulta más económico, es aprovechar los desechos que se producen en la propia parcela, finca o hogar. Es un proceso aeróbico controlado. Se favorece la acción de los microorganismos que descomponen las sustancias solubles de las materias primas, en presencia de oxígeno. Se hace una mezcla de materiales ricos en carbono (fibrosos) como bagazo, pajas, aserrín, cáscaras, granza, etc., con materiales de origen animal ricos en nitrógeno como gallinaza, pollinaza, estiércol, follaje verde, etc. Una buena proporción práctica es la mezcla de 20 partes de material rico en carbono con una parte de material rico en nitrógeno. Se tiene abundancia en carbono, pero hay pobreza en nitrógeno, por eso un exceso de material rico en carbono no es problema, y tiene olor menos fétido. Si durante el proceso los olores son muy fuertes, se está perdiendo nitrógeno en ese caso, hay que agregar más material fibroso para retenerlo. Cuando el compostado se hace a la intemperie, la lluvia lo hace perder gran cantidad de elementos, y puede suceder que se pudra. El producto es de inferior calidad. El mejor es el compost hecho en casa, a la sombra y bien cuidado. Para hacer un buen compost se proponen los siguientes pasos:

- a) Se escoge un lugar protegido del sol y la lluvia. Es mejor en una galera con el piso de tierra y se hace cerca de un bosque natural, cerca del cafetal, o que tenga acceso fácil de vehículos.
- b) Se colocan los diferentes materiales en capas sucesivas, formando un montón. Se moja bien cada vez que se coloca una capa de material.
- c) Se voltea 3 veces. Al final se forma un montón de un metro de alto extendido en línea.

- d) A los 8 días se voltea a un lado. Si está muy seco se moja otra vez.
- e) Donde estaba el montón anterior, se hace un nuevo montón.
- f) A la segunda semana, el primer montón se voltea a un lado, el segundo también se voltea hacia donde estaba el primero. Donde estaba el segundo se hace un nuevo montón.
- g) A la tercera semana se va a tener cuatro montones, cada uno con una semana de diferencia de edad.
- h) En la cuarta semana el primer montón tiene un mes, ya se puede aplicar al suelo del arrozal. Dejando un espacio para hacer un nuevo montón.

De esta manera se tiene un proceso constante de producción, ahorrando espacio y el trabajo es menos pesado.

Este compost se puede utilizar como medio para vivero si se deja madurar por unos tres meses, hasta que enfríe.

1. INDICADORES DEL PROCESO DE MADURACIÓN (Producción de Abonos Orgánicos. 2003)

Cuadro C-1 Características del compost que indican su estado inicial y final del proceso de maduración.

Parámetro	Inicio (8 a 15 días)	Final (90 a 120 días)
Temperatura (a 30 cm)	77°C	27 °C
Ph. Acidez	9 (alta)	6,5 (neutra)
Color	claro	Oscuro
% de humedad	63	45
% de materia orgánica	55	23
Relación carbono/nitrógeno	47	18
% nitrógeno	1,01	2,45
Presencia de hongos	estrato superficial	Generalizado
Olores	fuertes, amoníaco	a tierra fresca

Ref. Elaboración de Abonos Orgánicos 2003.

Estas características dependen en gran medida de los materiales utilizados en su elaboración. Pero existen varios indicadores generales que ayudan a interpretar el estado de maduración.

Durante su primera semana, el montón se pone muy caliente y tiene olores fuertes característicos. Si hay un exceso de materiales nitrogenados los olores son muy molestos.

Se debe voltear para que el proceso acelere, para enfriarlo y airearlo y que todos los materiales se expongan al calor con el propósito de que mueran las semillas de malezas, los patógenos y las plagas presentes.

Más o menos al mes, está muy caliente, pero empieza a enfriarse, los olores cambian a olor a suelo de bosque. Una banda blanca se extiende dentro de casi todo el montón.

Muchos recomiendan utilizarlo así, caliente, como abono al suelo. En esos casos se coloca en banda bajo las bandolas, sin incorporar.

2. BOKASHI (Shintani. M, Leblanc. Tabora. P 2000)

2.1 ¿QUE ES BOKASHI?

"Bokashi" es una palabra japonesa que significa "materia orgánica fermentada"¹; una traducción de esta palabra al Español (refiriéndonos al abono) es abono orgánico fermentado.

Tradicionalmente, para la preparación del Bokashi, los agricultores japoneses usan materia orgánica como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de los bosques como inoculante de microorganismos. Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación abono. El Bokashi ha sido utilizado por los agricultores japoneses como un mejorador del suelo aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suplen de nutrientes para el desarrollo de los cultivos.

2.2 DIFERENCIA ENTRE BOKASHI Y COMPOST.

El objetivo principal del uso del Compost es suministrar los minerales como en la nutrición inorgánica a los cultivos. En la preparación del Compost, los minerales que atrapados en la materia orgánica fresca se vuelven fácil de absorción para las plantas y se eliminan los patógenos que podrían estar en la materia orgánica fresca y causar daño al cultivo. se recomiendan temperaturas relativamente altas, (50 °C- 70 °C) para asegurar que mueran los microorganismos patogénicos.

Se utilizan materiales más finos que en el compost y más ricos en sustancias solubles.

El objetivo principal del Bokashi es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero también se persigue nutrir el cultivo y suplir alimentos (materia orgánica) para los organismos del suelo. El suministro deliberado de Microorganismos benéficos asegura la fermentación rápida y una mayor actividad de estos microorganismos benéficos elimina los organismos patogénicos gracias a una combinación de la fermentación alcohólica con una temperatura entre 40-55°C.

2.3 VENTAJA DEL COMPOST.

Es seguro para aplicarlo al cultivo porque es relativamente libre de patógenos y no causa la inanición de nitrógeno. En el Compost la mineralización total asegura un suministro de minerales en estado ionizado y la temperatura alta en el proceso asegura la eliminación de microorganismos que podrían competir por los nutrientes.

2.4 VENTAJA DEL BOKASHI.

Se mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización. Además suministra órgano-compuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo

activa los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación. También ayuda en la formación la estructura de los agregados del suelo. El Bokashi se puede preparar corto tiempo y no produce malos olores ni moscas.

2.5 DESVENTAJA DEL COMPOST.

Se necesita gran cantidad de materia orgánica para producir un volumen suficiente para la finca; además se necesita mucho tiempo para su producción y en el proceso de descomposición se pierde gran parte del contenido nutricional y energético.

2.6 DESVENTAJA DEL BOKASHI.

Si no se maneja bien el proceso de producción se puede tener las mismas desventajas que el "Pre-Compost". Algunos microorganismos patogénicos y malos y insectos no deseables podrían desarrollarse. Se generan malos olores y la inanición del nitrógeno. Los materiales inmaduros producen gases y ácidos nocivos que queman raíces de cultivos.

2.7 BOKASHI TRADICIONAL

Como se menciona anteriormente, El bokashi es una técnica usada por los agricultores japoneses hace muchos años. Por esta razón este Bokashi se conoce como Bokashi Tradicional en comparación con otras técnicas más modernas para preparar este abono.

El Bokashi tradicional tiene la desventaja de que si se desea producir a gran escala los costos son muy altos debido a la gran cantidad de tierra que se utiliza para su elaboración. Viendo esta dificultad los japoneses se las ingeniaron para producir Bokashi a escala industrial, en vez de utilizar grandes cantidades de tierra, en la cual se encuentran el inoculante (microorganismos) combinaron la técnica de Bokashi con la tecnología de Los Microorganismos Efectivos (EM) y de esta manera surge el Bokashi EM el cual se puede producir a escala industrial.

3. USO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS PARA PREPARACIÓN DE BOKASHI

El Bokashi Tradicional es una tecnología adecuada para agricultores pequeños. Sin embargo, cuando se quiere producir gran cantidad de bokashi, es porque el costo de sacar y transportar el suelo es generalmente muy alto. Por esa razón en Japón, el bokashi comercial utiliza preparados microbianos como inóculo en lugar del suelo. En la actualidad en Japón se puede conseguir varios libros que informan como coleccionar y cultivar microorganismos benéficos en la finca. Además, comprar muchos preparados microbianos como inóculo para producir bokashi.

3.1 MICROORGANISMOS EFICACES (EM) (FUNDASE. 2006)

QUÉ ES EM – Origen

La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinagua, Japón.

Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializador estaba en su mezcla. Desde entonces, esta tecnología ha sido investigada, redesarrollada y aplicada a una multitud de usos agropecuarios y ambientales, siendo utilizada en más de 80 países del mundo.

El Doctor Higa donó al mundo la tecnología EM y creó a EMRO (EM Research Organization), organización sin ánimo de lucro para difundir la tecnología, distribuida en cada país por organizaciones con igual orientación.

DEFINICIÓN: EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros.

Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad.

Es un cultivo microbiano mixto, de especies seleccionadas de microorganismos benéficos, que inoculado al suelo sirve como:

1. **Corrector de salinidad** : al tener funciones de intercambio de iones en el suelo y aguas duras, facilita el drenaje y lavado de sales tóxicas para los cultivos (Sodio y Cloro).
2. **Desbloqueador de suelos** : pues permite solubilizar ciertos minerales tales como la cal y los fosfatos.
3. **Acelerador de la descomposición de los desechos orgánicos** (Compost, Bokashi, Vermicompost) por medio de un proceso de fermentación.

3.2 EFECTOS DEL EM (Correa. M 2003)

Los siguientes son algunos de los efectos benéficos de la aplicación del EM

- a) Promueve la germinación, la floración, el desarrollo de los frutos y la reproducción de las plantas.
- b) Mejora física, química y biológicamente el ambiente de los suelos, y suprime los patógenos y pestes que promueven enfermedades.
- c) Aumenta la capacidad fotosintética de los cultivos.
- d) Asegura una mejor germinación y desarrollo de las plantas.
- e) Incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante.

Como consecuencia de estos efectos beneficiosos del EM, se incrementa el rendimiento y la calidad de los cultivos

EM NO es un pesticida, y aunque no está compuesto por químicos puede ser utilizado como tal.

El EM es un inoculante microbiano que funciona como un controlador biológico para la supresión y/o el control de plagas a través de la introducción de microorganismos benéficos al medio ambiente de las plantas. Así, plagas y patógenos se suprimen o controlan mediante procesos naturales debido al incremento de las actividades de competitividad y antagonismo de los microorganismos contenidos en los inoculantes EM

3.3 MODO DE ACCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

Los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo.

Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos.

3.4 LOS MICROORGANISMOS DEL EM (MICROORGANISMOS EFICACES)

- a) **BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS:** pueden fijar el Nitrógeno atmosférico y el bióxido de Carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces.

- b) **BACTERIAS ACIDO LACTICAS:** producen ácido láctico a partir de azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *Fusarium* sp. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica.

Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.

- c) **LEVADURAS:** Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas.

Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

- d) **ACTINOMICETOS:** Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas.

- e) **HONGOS DE FERMENTACIÓN:** Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas.

Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

NOTA: Cada una de las especies contenidas en el EM (Bacterias Fotosintéticas, Ácido Lácticas, Levaduras, Actinomyces y hongos de Fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo podríamos decir que la bacteria fotosintética es el pivot de la tecnología EM, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este el fenómeno que llamamos coexistencia y coprosperidad.

Cuando los EM se desarrollan como una comunidad dentro del suelo, también ocurre lo mismo con los microorganismos nativos de esos suelos. Por tal razón la microflora se enriquece y el ecosistema microbiano comienza a equilibrarse mientras disminuye el porcentaje de patógenos. Así las enfermedades producidas por los suelos se suprimen mediante el proceso conocido como “competencia exclusiva” . Las raíces de las plantas producen también sustancias útiles como carbohidratos, aminoácidos, ácidos orgánicos y enzimas. Los microorganismos eficientes utilizan este substrato para desarrollarse. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos, y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten a nivel de la Rizosfera (área de las raíces) en un estado de simbiosis con las plantas.

3.5 USOS GENERALES Y APLICACIÓN

Dentro de los usos de los EM (Microorganismos Efectivos), se pueden mencionar los siguientes:

1. Tratamiento pre-siembra en los suelos.
2. Aplicaciones foliares.
3. Inoculante para semillas y trasplantes.
4. Inoculante para cultivos de vivero y plantas de maceta.
5. Inoculante para hortalizas, frutales, vegetales, flores, forrajes, cereales y cultivos inundados como el arroz.
6. Inoculante para hacer varios tipos de abonos.
7. Inoculante para renovar aguas residuales y aguas de superficie contaminada (estanques)

3.6 Aplicaciones en la Agricultura

El EM, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

En semilleros:

- ❑ Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal.
- ❑ Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- ❑ Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

En las plantas:

- ❑ Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- ❑ Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- ❑ Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- ❑ Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

En los suelos: Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- ❑ Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
- ❑ Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
- ❑ Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

3.7 BOKASHI EM. (SHINTANI. M, LEBLANC. TABORA. P 2000)

El Bokashi EM es un abono orgánico tipo Bokashi, donde se usan EM como inoculante microbiano en lugar de suelo del bosque. EM mejora la calidad del Bokashi y facilita la preparación de este usando toda clases de desechos orgánicos. El Bokashi EM se puede preparar aeróbico o anaeróbico, dependiendo de los materiales y de las necesidades de cada situación en particular.

El Bokashi EM puede ser utilizado entre 5 a 21 días después de preparado . Este abono puede ser utilizado en la producción de cultivos, aun cuando la materia orgánica no se haya descompuesto del todo. Cuando el Bokashi EM es aplicado al suelo, además de proveer nutrientes y sustancias bioactivas a las plantas. la materia orgánica en el Bokashi es utilizada como alimento por los microorganismos benéficos, los que continuara descomponiéndola, mejorando la vida del suelo y compitiendo contra los microorganismos que causan enfermedades a los cultivos.

3.8 MATERIALES UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE BOKASHI

En la preparación del EM "Bokashi" se puede utilizar cualquier tipo de material orgánico, si se maneja adecuadamente el proceso de producción de este abono. Se podrían utilizar materiales como:

Si se maneja adecuadamente el proceso de producción, cualquier tipo de material orgánico puede ser utilizado para la producción de Bokashi EM. alguno materiales que se han usado con éxito son:

Materiales de origen vegetal

Semolina de arroz (maíz, trigo), harina de maíz, granzas de arroz, desecho de frijol, paja de arroz, torta de soya, torta de semilla de algodón, bagazo de caña de azúcar, malezas picadas, fibra de coco, aserrín, residuos vegetales y desechos del procesamiento de alimentos, desechos de banano, naranja y yuca.

Materiales de origen animal

Harina de pescado, harina de huesos, estiércol de cualquier animal, desechos de la cocina, caparazón de cangrejo u otro material similar.

Se recomienda adicionar carbón o granza de arroz carbonizada, ya que estos materiales porosos mejoran las condiciones físicas del suelo, aumentan la capacidad de retener nutrientes y sirven como "hogar" para los microorganismos eficaces.

Algunos Ejemplos en la Preparación de Bokashi EM

El productor podrá elegir la forma (aeróbica o anaeróbica) de preparación del Bokashi que mas convenga a sus intereses. La decisión también se debe basar en los materiales que se encuentren a su alcance.

A continuación algunos ejemplos de la variación en materiales usados en la preparación de Bokashi en Japón, Tailandia y la zona atlántica de Costa Rica, (estos son solo algunos ejemplos pero se debe tener en cuenta que las posibles combinaciones de materiales son infinitas.

Ejemplo de Japón: (tipos aeróbico y anaeróbico)

Semolina de arroz	2 sacos
Torta de Soya	1 saco
Harina de pescado	1saco
EM, melaza y agua	*1

Ejemplo de Tailandia: (solo tipo aeróbico)

Semolina de arroz	2 sacos
Granza de arroz	1 saco
Gallinaza	1 saco
Carbón de granza de arroz	1saco
EM, melaza y agua	

Ejemplo de la zona bananera, Costa Rica: (solo tipo aeróbico)

Banano de desecho y pinzote	8 sacos
Aserrín	2 sacos
EM, melaza y agua.	

Nota: Si no se tiene melaza, cualquier tipo de azúcar puede ser utilizado. Algunos de los materiales que pueden utilizarse como sustitutos de la melaza son: caña de azúcar madura, jugo de cualquier fruta, agua de coco y agua de desperdicio de la industria licorera (vinaza).

La cantidad de agua añadida dependerá del contenido de humedad de los materiales utilizados. La cantidad ideal de agua es aquella que humedezca los materiales, sin que escurra el agua. Si se hace necesario aumentar o disminuir la cantidad de agua proporcionada, se debe ajustar la cantidad de EM y de melaza, para mantener una relación de 1: 1: 100 de EM, melaza y agua respectivamente.

3.9 BOKASHI EM AERÓBICO Y ANAERÓBICO.

El EM Bokashi puede ser clasificado como EM bokashi aeróbico y EM Bokashi anaeróbico. Esta clasificación se basa en el método de elaboración. Las ventajas y desventajas de estos dos tipos de "Bokashi" son las siguientes:

a. TIPO AERÓBICO.

- **Ventajas:** se puede producir a gran escala. El periodo de fermentación ocurre en un lapso mas corto al compararlo con el tipo anaeróbico.
- **Desventajas:** la energía de la materia orgánica se puede perder por las altas temperatura durante el proceso de fermentación y el material puede pudrirse, Si el proceso no es manejado adecuadamente. Hay que revolver la masa de materiales regularmente para su aireación. Este trabajo requiere de mano de obra.

b. TIPO ANAERÓBICO.

- ❑ **Ventajas:** Mantiene la energía (valor nutricional) de la materia orgánica. No se necesita revolver para su aireación. Poco riesgo de contaminación. El producto final puede usarse también como alimento fermentado para el ganado.
- ❑ **Desventajas:** Se tiene que utilizar solo materia orgánica de buena calidad y pulverizada como la semolina de arroz, harina de pescado o de hueso y torta de soya. El proceso de fermentación es mas lento que el aerobio.

3.10 PREPARACIÓN DEL BOKASHI EM AERÓBICO.

Para la preparación del EM bokashi aeróbico, se pueden seguir el siguiente paso:

- ❑ Pique (muela) y mezcle los materiales.
- ❑ Disuelva la melaza en agua (melaza: agua = 1:100), la mezcla se facilita si se hace con agua caliente (40 °C).
- ❑ Agregue EM (EM: solución de melaza = 1:100) a la solución de melaza con agua, cuando baje la temperatura si calentó el agua.
- ❑ Vierta la mezcla de EM y melaza sobre la materia orgánica y mezcle bien. Vierta la solución de EM y melaza en una forma gradual y mezcle bien mientras monitorea el contenido de humedad. No debe escurrir agua; el contenido de humedad debe estar entre 30 y 40%. Para verificar comprima un puñado de la mezcla en la mano; esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee liquido.
- ❑ Coloque la mezcla sobre un piso de cemento o suelo, bajo un área techada. Luego cúbrala con sacos, bolsas, paja o algún material similar. (se recomienda preparar la mezcla sobre un piso de cemento para facilitar el volteo).
- ❑ Bajo condiciones aerobias, la mezcla se fermenta muy rápido. La temperatura aumenta en cuestión de horas y el bokashi puede necesitar una revisión constante. Idealmente la temperatura se debe mantener alrededor de 35°C a 45°C; por lo tanto se hace necesario revisarla

regularmente, para lo cual se puede usar un termómetro normal. Si la temperatura sobrepasa los 60 °C, se debe revolver bien la pila de Bokashi Si la temperatura permanece alta, extienda la pila para reducir la entrada de aire fresco.

- El periodo de fermentación es 3 - 21 días y su duración depende de los materiales que usan. El Bokashi esta listo para ser utilizado cuando este libera un olor dulce producto de la fermentación y cuando se pueden apreciar mohos blancos en su superficie . Si la pila emite olor a putrefacción, el proceso ha fracasado.

El Bokashi EM se debe utilizar lo antes posible luego de su elaboración. Si es necesario puede almacenarlo, dispérselo sobre un piso de cemento, séquelo muy bien bajo la sombra y luego colóquelo en bolsa plástica.

3.11 Preparación de Bokashi EM anaeróbico.

La preparación del Bokashi anaeróbico es poco conocida en Latinoamérica, aunque es muy popular en Japón. Como mencionamos anteriormente tiene sus ventajas y desventajas. A continuación los pasos a seguir para la elaboración de este tipo de Bokashi:

- a. Suministre y mezcle el afrecho de arroz, la torta de soya y la harina de pescado.
- b. Disuelva la melaza en agua (melaza :agua = 1:100), esta dilución se facilita calentando el agua.
- c. Agregue el EM (EM: solución de melaza = 1:100) a la solución de melaza con agua.
- d. Vierta la mezcla de EM y melaza sobre la materia orgánica y mezcle bien. Vierta la solución de EM y melaza en una forma gradual y mezcle bien mientras monitorea el contenido de humedad. No debe escurrir agua; el contenido de humedad debe estar entre 30 y 40%. Para verificar comprima un puñado de la mezcla en la mano; esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee liquido. Sin embargo, al tocar puñado con el dedo, debe desmoronarse fácilmente.

- e. Coloque la mezcla en una bolsa que no permita el movimiento del aire (por ejemplo bolsas de papel o polietileno). Coloque la primera bolsa dentro de otra bolsa de plástico (prefiere el color negro); la bolsa doble sirve para prevenir la circulación de aire. Cierre la bolsa ajustadamente para mantener una condición anaeróbica; esta se coloca en un lugar no le pegue la luz directamente.

El periodo de fermentación en las zonas tropicales es de 7-21 días. El EM bokashi anaeróbico esta listo para ser utilizado cuando libere un olor dulce producto de la fermentación. Si se produce un olor a putrefacción, el proceso ha fracasado.

Ejemplos prácticos **(Quirós P., Anastacia; Albertin B., Andrea; Blázquez S., Manuel 2004)**

Hay muchas recetas, pero la más barata y nutritiva es la siguiente.

Para producir 8 sacos de abono, se necesitan:

- 6 sacos de cuita seca (gallinaza),
- 1 saco de pulimento de arroz,
- 1 saco de granza (cascarilla)
- 2 litros de melaza de caña (miel de purga),
- y un lugar techado y seco (galera).

- a. Se hacen capas superpuestas de cada material, y se moja con agua y melaza disuelta.
- b. Se voltea tres veces para mezclar todos los materiales. Se controla la humedad apretando puños del material según se explicó anteriormente.
- c. Se hace un montón extendido, de 50 centímetros de alto, y se cubre bien con sacos, para mantener la humedad.
- d. Cada doce horas se voltea para enfriarlo y mezclarlo. No se agrega agua.
- e. Cada día el montón se voltea dos veces y se extiende más, bajándolo. 30 centímetros de alto al segundo día; 20 centímetros de alto al tercer día.

- f. Después del tercer día el montón no se cubre más con sacos para que seque. Y se sigue extendiendo más, rebajando su altura.
- g. Una vez seco, se enfría. Toma un color gris azulado. En este momento es que se puede utilizar como abono. Se puede guardar, bien seco, para utilizarlo cuando se necesite.

Hay muchos tipos de bokashi, pero en este caso no incluimos carbón ni tierra de la receta original, para reducir los costos y producir un material más concentrado y liviano.

El manejo de este tipo de bokashi es más cuidadoso.

3.12 Funciones de los materiales utilizados para hacer Bokashi

- **EM:** Contiene los Microorganismos efectivos los cuales ayudaran para la descomposición de la materia orgánica y para la producción de sustancias benéficas para los mismos microorganismos y la misma planta
- **Granza de arroz:** Ayuda en el drenaje y la aireación de los suelos. Contiene sílice, que reduce la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.
- **Pulimento de arroz:** Tiene alto contenido en magnesio y fósforo. Es una fuente de alimento para los microorganismos.
- **Carbón vegetal:** Absorbe los malos olores en el abono. Sirve de refugio para los microorganismos.
- **Gallinaza, cabraza o boñiga:** Contienen nutrimentos, como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.
- **Melaza:** Es una fuente de energía para la reproducción de los microorganismos. También es alta en potasio.

ANEXO-D

1. PROCEDIMIENTO PARA HACER BOKASHI

A. Día 1

Paso 1

Primero, escoja un lugar apropiado para elaborar y dejar madurar el abono, de por lo menos 3 x 3 metros de área. Este debe ser plano, seco y protegido de la lluvia, el sol, el viento y los animales.

Paso 2

Divida cada uno de los materiales secos en tres partes iguales. Coloque los diferentes materiales en fila, en el orden en que aparecen en la lista.

Como cada material se divide en tres partes, tendrá tres filas iguales **(Foto1)**



Fig. D-1 división de los materiales secos en tres partes iguales colocados en filas

Paso 3

En un balde, diluya la melaza en 20 litros de agua. Si el balde es más pequeño, diluya la melaza en varias tandas, conforme se va usando. También se puede diluir directamente en una regadera grande.

Paso 4

Empiece a hacer capas con los materiales de la primer fila, colocándolos uno encima del otro (**Foto 2**). Al terminar con la primer fila, rocíe el montón con una tercer parte de la melaza diluida (**Foto 3**).



Fig. D-2 realización de promontorio en capas con los materiales de la primera fila.



Fig. D-3 rociado del promontorio hecho con la primera fila de materiales con melaza diluida en agua.



Fig. D-4 Mezcla de todos los materiales y remojo con agua.

Paso 7

Empiece a mezclar los materiales con una pala, agregando agua durante el proceso (**Foto D-4 A y B**). Hay que tener mucho cuidado de no agregarle demasiada agua a la mezcla. Para saber cuando tiene la humedad correcta, agarre y aprete un puño de la mezcla. Si forma terrones que se desboronan al tocarlos, entonces ya tiene buena humedad (**Foto D-5**). Si escurre agua, se ha pasado de humedad y corre el peligro de que el Bokashi empiece a oler mal conforme pasan los días.

Para corregir un exceso de humedad, agréguele más materiales secos, como tierra y granza de arroz.



Fig. D-5 Realización de prueba de humedad.



Fig.D-6 Extendido de la mezcla.

Paso 8

Una vez que esté bien mezclado, se extiende la mezcla de materiales de forma que tenga la misma altura por todos los lados (**Foto D-6**). Del segundo día hasta el cuarto día, las temperaturas de la mezcla deben estar entre los 45 y 50 grados centígrados. En la zona de Guanacaste, para alcanzar pero no exceder estas temperaturas, la altura en la que se dejan los materiales el primer día es de aproximadamente 40 centímetros. En otras zonas del país, esta altura va a variar según el clima. En lugares más fríos, la altura va a ser mayor.

Paso 9

Tape el montón con sacos que permiten la entrada de oxígeno, como sacos de yute o sacos de polipropileno o nylon, que son en los que vienen el abono y la semilla (**Foto D-7**). Si va usar sacos viejos de abono, asegúrese de lavarlos bien. Los sacos ayudarán a guardar calor y humedad. Los días más importantes para el crecimiento de los microorganismos van a ser desde el primer al cuarto día.



Fig.D-7 Cobertura del promontorio final
con sacos de nylon

B. Día 2

Temprano en la mañana, quite los sacos del montón y tome la temperatura con un termómetro en por lo menos 5 puntos diferentes. Las lecturas se deben tomar por la mitad de la altura del montón. Por ejemplo, si la altura es de 40 centímetros, las lecturas se toman a una profundidad de 20 centímetros. El termómetro que se utiliza debe marcar más de 80 grados centígrados y debe ser de carátula de vidrio.

El promedio de las **lecturas** que se toman debe estar entre los 45 y 50 grados centígrados. El promedio se saca sumando todas las lecturas del termómetro y dividiendo este número por la **cantidad** de lecturas tomadas. Esto se explica en el siguiente ejemplo.

El segundo día mido la temperatura en 5 lugares diferentes del montón a una profundidad de 20 centímetros y obtengo las siguientes lecturas: 48, 52, 46, 49 y 48 grados centígrados. Sumo estos 5 números y obtengo 243. Divido 243 entre 5, que es el número de lecturas que tomé, y obtengo 48.6. Este es el promedio de las 5 lecturas y está dentro del rango deseado para el segundo día, que es entre 45 y 50 grados centígrados. Si al sacar el promedio se obtiene un número más alto que 50, baje la altura del montón unos 10 centímetros. Si se obtiene un

número menor que 45 grados, suba la altura unos 10 centímetros y mida al día siguiente. Es importante que la temperatura no se eleve a más de 50 grados.

Después de tomar la temperatura, dele vuelta a los materiales para mezclar todo bien. Si la temperatura estaba entre 45 y 50 grados centígrados, baje la altura del montón a 30 centímetros (o ajuste la altura según las lecturas del termómetro si no estaba entre 45 y 50 grados) y vuelva a taparlo con los sacos.

Por la tarde, dele vuelta a la mezcla de nuevo, dejándola a la altura en que estaba por la mañana. Tápela otra vez.

C. Día 3

Siga el mismo proceso que el día anterior. Mida la temperatura en la mañana. Debe estar entre los 45 y 50 grados centígrados. Dele vuelta al montón y baje la altura a 25 centímetros. Tápelo con los sacos. Repita lo mismo por la tarde.

D. Día 4

Siga el mismo procedimiento que el día anterior. La temperatura deber estar entre los 45 y 50 grados centígrados, pero esta vez deje el montón a una altura de 20 centímetros. Tápelo después de mezclar.

E. Días 5 a 8

Del quinto al octavo día, se le da vuelta a la mezcla sólo una vez al día, por la mañana. El montón se deja a una altura de 15 centímetros, destapado, para que la temperatura vaya disminuyendo. Mida la temperatura todos los días para asegurarse que esté disminuyendo. Cuando alcanza la temperatura ambiente, que generalmente es alrededor del octavo día, está listo para ser usado. Durante estos días, el Bokashi va ir cambiando de un color café hasta llegar a tener un color gris claro y va a tener un olor a moho. También se va ir secando, volviéndose polvoso, debido a la presencia de hongos y bacterias



Fig.D-8 Abono Bocashi listo, evidenciado por el color gris y consistencia polvosa.

Si en estos días el Bokashi se moja o se asolea, la temperatura puede elevarse. Si esto ocurre, extienda el Bokashi y dele vuelta para que la temperatura baje. Déjelo extendido hasta que baje a temperatura ambiente. El Bokashi ya está listo para ser utilizado en los cultivos. Si no se utiliza de una vez, se puede almacenar hasta 3 meses en un lugar protegido del sol y de la lluvia. Sin embargo, la calidad va a disminuir al almacenarlo debido a que es material vivo.

Recuerde: Para obtener un buen abono Bokashi, es importante:

Mantenerlo protegido del sol y de la lluvia. No se debe mojar durante el proceso de maduración. Por eso es importante obtener la humedad adecuada cuando se mezclan los materiales. Tomar la temperatura todos los días para asegurar que esté dentro del rango deseado y que esté disminuyendo después del cuarto día. Voltarlo para que todos los materiales reciban suficiente aire. Esto asegura un buen proceso de fermentación.

Dosis de aplicación

No hay dosis estrictas para la aplicación del Bokashi en el campo y depende de que tan deteriorado esté el suelo. El mismo agricultor tiene que experimentar con esta medida. Las dosis siempre van a ser más altas que con un abono químico, como por ejemplo el 10-30-10 o el 18-46-0, porque estos abonos tienen un mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio que los abonos orgánicos. Sin embargo, los abonos químicos tienen la gran desventaja de que se lavan muy fácilmente y las plantas aprovechan una parte pequeña de lo que se aplica al campo.

El Bokashi y otros abonos orgánicos tienen varias ventajas sobre los abonos químicos. Para la planta es más fácil absorber los nutrientes de un abono orgánico que de un abono químico.

Además, los abonos orgánicos aportan la mayoría de los nutrientes que necesita la planta, no sólo nitrógeno, fósforo y potasio. Este aporte de nutrientes es de manera gradual, según la planta lo necesite. En fin, la planta aprovecha más los nutrientes que suple un abono orgánico que los que suple un abono químico.

Generalmente, al momento de transplantar hortalizas, se coloca un puño de Bokashi al fondo del hoyo donde se va a depositar la planta. Pero, **las raíces de las plantas no deben tocar el Bokashi directamente, porque se pueden quemar.**

En cultivos extensivos, como el arroz por ejemplo, las dosis en un suelo deteriorado pueden ser de 30 toneladas o más por hectárea. En estos casos, es recomendable aplicar el abono en forma fraccionada, es decir, ir aplicándolo a lo largo del ciclo del cultivo, para que sea económicamente más fácil para el agricultor.

Para un beneficiado de arroz se puede utilizar la siguiente fórmula:

(Solo tipo aeróbico)

Granza de arroz	2 saco
Pulimento de arroz	1 sacos
Gallinaza	1 saco
Carbón de granza de arroz	1 saco

EM, melaza y agua en las proporciones mencionadas anteriormente

ANEXO-E.

Cotización de equipos de un beneficiado de arroz

Un trillo arrocero CELTEC/Lucato, tipo especial, completo, motorizado, para procesar hasta 5 ton/H en arroz en cáscaras o 3.5 ton/H en arroz blanco pulido y clasificado, con mínimo de partido, con sistema opcional para envasamiento construida en estructura metálica, suministrado con los siguientes equipos:

UNIDAD	DESCRIPCION	COSTO
1 pre limpiadora modelo agro	Capacidad hasta 10 ton/H, con 2 cribas intercambiables para impurezas livianas y gruesas, hoyos chinos de 4.00 x 20.0 mm (criba superior) y 1. x 20 mm (criba inferior.) 2. Motor eléctrico trifásico e 2 y 5 Hp con Descarga Frontal del grano limpio, con doble salida en 45 grados.	US\$ 11,500.00
01 Conjunto descascarador tipo DL-70	de rodillos, con panel neumático y sensor capacitivo para el control de carga, de los rodillos y de las bandas, 12.5 Hp	US\$ 18,160.00
01 Cámara de cáscaras (circuito cerrado) CL 70,	para separar las cascarillas del arroz ya descascarado y también arroz mal granado y afrecho, 3 Hp	US\$ 8,120.00
01 Turbina para enfriamiento de los rodillos	del interior de las descascaradora, 5 Hp	US\$ 4,600.00

UNIDAD	DESCRIPCION	COSTO
01 Separador paddy, modelo MLA 70,	para la separación del arroz Con descascarado del arroz yá descascarado, con 90 casilleros 5 Hp.	US\$ 21,060.00
01 Pulidor vertical Lucato	nuevo modelo vertical de un pase, BXL-60, montado en estructura en acero, sin sistema aspirador de polvo, elevador de cangilones de carga y ciclón, ventilador 50 Hp	US\$ 22,600.00
01 Sistema de ventilación	para extraer del polvillo do arroz compuesto de ventiladores aspiradores, con filtros manga 7.5Hp	US\$ 6,800.00
01 Ciclón con válvula	de recoger polvo y semolita de las diversas máquinas, 7 x 1.5 Hp	US\$ 5,090,00

UNIDAD	DESCRIPCION	COSTO
02 Homogenizadora HL – 50	Pulidora de agua para arroz ya pulido en las piedras, armado en monobloques de acero carbono, con cribas especiales en acero inoxidable, conjunto de bombas y filtros de agua, con paneles neumáticos, trabajando en flujo continuo con las pulidoras de piedra, 2 x 50 Hp	US\$ 45,880.00
01 Conjunto separador trieur	para separar los granos enteros de los 3/4 de granos con tres cilindros armado en la misma estructura de una criba clasificadora de granos partidos, con limpieza de las zarandas por esferas de goma, 3 x 1,5 y 3 Hp	US\$ 18,160.00
01 Juego con todos los elevadores, silos, transportadores sinfín	etc para, con motores para la interconexión de los equipos arriba.	US\$ 28,160.00
03 Elevadores de cangilones (huacales)	para recibir los tres tipo tres tipos de arroz clasificado en los trieurs	US\$ 12,270.00

UNIDAD	DESCRIPCION	COSTO
02 Silo de deposito metálico,	para recibir solamente los granos clasificados medios, $\frac{3}{4}$ y enteros controlar flujo de los mismos para las envasadoras o mezcla , capacidad de carga máxima de 10 ton	US\$ 12,490.00
01 Sinfín mezclador	para el envase de arroz, 1.5 Hp	US\$ 2,320.00
01 Elevador de cangilones (huacales)	para recibir arroz clasificado y listo para empaquetar , 1.5 Hp	US\$ 3,640.00

Ref.: Agromachine (2008)

2. Descripción de los Equipos utilizados en un Beneficio de arroz

Descascaradora de Arroz

Compuesta por

- Tolva de entrada con visor de acrílico
- Censor capacitativo para control automático de carga por cilindros neumáticos
- Ventilador a la estructura para enfriamiento de los rolletes Rodetes de caucho nº 5 (10" x 10")
- Salida para aspiración de aire caliente
- Cámara para separación de cáscaras, granos inmaduros y arroz liviano a través de circuito de flujo cruzado de aire



Ventajas

- 95% a 98% de descascarado
- Bajo nivel de quiebra de granos
- Separación eficiente de cáscaras y granos inmaduros
- Operaciones totalmente automatizadas
- Presión constante entre los rodetes por toda su utilización

CLASIFICADOR DE ESPESOR

Descripción

- Cilindro en placas galvanizada con huecos que direccionan los granos (Modelo Standart) I

- Cepillos individuales de Poliamida (Nylon)

Vantajas

- Aplicación en la separación del arroz rojo, impurezas y /o otros cereales
Accionamiento por medio de moto reductores

- Limpieza de los cilindros realizada por cepillos de Poliamida (Nylon)

- Montaje modular de hasta 3 decks verticales, totalizando 6 cilindros

- Transmisión directa entre el cilindro y el reductor



PULIDORA BXL-60

- El bruñido es hecho a través de 7 elementos abrasivos (rebojos) de forma cilíndrica, dispuestos en la posición vertical
- El control de las alambreras es hecho por un dispositivo de avance y retroceso milimétrico
- El enfriamiento del grano se obtiene a través de un sistema de inyección de alta presión
- El polvo es sacado por transporte neumático

Ventajas

- Menor quiebra de arroz



Homogeneizadora de granos - HL-50

Tolva de entrada con visor transparente

- Estructura monobloque de acero
- Eje, rotor y tolva en acero inoxidable
- Alambra para succión de polvo ahijada a hierro
- Transmisión por correas en "V" con motor eléctrico incorporado a la máquina
- Conjunto pulverizador de agua con filtro y control
- Sistema de preparación de aire con 2 filtros
- Cuadro eléctrico comandado por censer da capacidad
- Amperímetro



Ventajas

- Elimina el polvo adherido al grano
- Pone lisa la superficie del grano afectado por el pulido
- Mejora el pulido, homogenizando el producto
- Aumenta la capacidad de las colorimétricas
- Mejora el aspecto del producto empaquetado
- Disminuí quiebra de granos en pulido
- Homogeniza granos de calidades diferentes

Conjunto de clasificadores Trieus y zaranda para clasificación del arroz beneficiado

Compuesto por

- Cilindros o camisas metálicas con cavidad pequeña para clasificación de arroz entero, tres cuartos y mitades
- Dispositivo de transporte interno
- Láminas de goma en la lateral
- Palanca reguladora
- Zaranda vibratoria
- Alambreras para separar el arroz rojo y cascaritas
- Columna del aire para aspirar las cáscaras



ANEXO-F

1.0 PLANTAS INDUSTRIALES (Universidad de Maracaibo, 2000)

Una planta industrial es un conjunto formado por máquinas, aparatos y otras instalaciones dispuestas convenientemente en edificios o lugares adecuados, cuya función es transformar materias o energías de acuerdo a un proceso básico preestablecido. La función del hombre dentro de este conjunto es la utilización racional de estos elementos, para obtener mayor rendimiento de los equipos.

La analogía que hace Muther de una fabrica con una persona. Aunque rara vez se efectúa el diseño de una nueva instalación completa, constantemente se están haciendo modificaciones y reacomodo a nivel de estación de trabajo y de departamento, desde luego, el diseño es necesario para las tareas individuales y las estaciones de trabajo, pero también para su distribución manejo de materiales procedimientos y comunicaciones servicio generales y auxiliares y para el edificio mismo.

- Esqueleto Distribución de la planta
- Sistema muscular Manejo de materiales
- Sistema nervioso Comunicaciones controles
- Sistemas respiratorio Servicios generales y
- Circulatorio digestivo auxiliares

1.2 Clasificación de las Plantas Industriales.

1. Por la índole del proceso puesto en práctica.
2. Proceso continuo: Es una planta que trabaja las 24 horas diarias.
3. Proceso repetitivo: Es una planta en la que el tratamiento del producto se hace por lotes.
4. Proceso continuo: Es una planta en la que se manipulan partidas del producto contra perdido.

Ej: Proceso Continuo, Proceso repetitivo, Proceso intermitente, Cemento, Confección de vestido y Turbinas.

1. Por el tipo de proceso predominantes
 - a. Mecánico
 - b. Químico
2. Por las materias primas predominantes.
 - a. Maderera
 - b. Del pescado
 - c. Petrolera, Petroquímica, Carboquímica.
3. Por el tipo de productos obtenidos.
 - d. Alimenticia
 - e. Farmacéutica
 - f. Textiles
 - g. Del cemento
4. Por tipo de actividad económica
 - h. Agricultura, silvicultura, caza y pesca.
 - i. Explotación de minas y canteras.
 - j. Manufactureras.
 - k. Construcción.
 - l. Comercio.
 - m. Transporte, almacenaje y comunicaciones.

2.0 Tipos de Industria.

Las instalaciones y la gente son análogas por el hecho de que ambas son sistemas compuestos de subsistemas complejos.

Según lo antes planteado podemos decir que las instalaciones o plantas industriales se dividen en diversas aéreas también podemos decir que las plantas industriales se dividen en: **Plantas de producción o fabricación, de servicio y de ventas**

Las de producción podemos hablar de las planta automovilísticas que según su tipo de instalación manejo de procedimiento administración distribución de planta y tecnología llegan a producir decenas y cientos de vehículos por minutos y por horas, entre otras las textileras entre otros.

Las de servicio entre ellas encontramos a las de servicios telefónicos que son empresas que generan un servicio como es el de las telecomunicaciones, intercable, tutoría de Internet.

Las de ventas dentro de este particular encontramos locales establecimientos y hasta plantas que dentro de su distribución de instalaciones cuentan con un área de ventas.

3.0 Distribución de una planta.

La palabra Distribución se emplea aquí para indicar la disposición física de la Planta y las diversas partes de la misma.

En consecuencia la distribución comprende tanto la colocación del equipo en cada departamento como la disposición de los departamentos en el emplazamiento de la Planta.

La Distribución afecta a la Organización de la planta, la velocidad con que fluye el trabajo por la unidad es uno de los factores determinantes de la supervivencia de dicha unidad por tanto el problema de la distribución de la planta es de importancia fundamentalmente para la Organización.

Esta es una parte particularmente importante de la responsabilidad del gerente de producción, ya que este se encarga del equipo Industrial de la Organización, el cual en general es difícil reubicar una vez instalado.

3.1 Distribución Orientada al producto o al Proceso.

En un sentido amplio puede distribuirse de dos maneras, ya sea tratando de satisfacer las necesidades del producto o satisfacer necesidades del proceso.

Probablemente las organizaciones comienzan cuando son muy pequeñas con una distribución orientada al producto, y conforme aumentar de tamaño tienden a desviar hacia una distribución orientada al proceso, en la creencia de tal distribución permitiera hacer un mejor uso de los recursos físicos.

3.2 Criterio para una buena distribución.

Si bien las técnicas empleadas para determinar la distribución con las que se usan normalmente en ergonomía, el proceso es de naturaleza creativa y no puede establecerse con una finalidad dada.

a. Flexibilidad máxima

Una buena distribución se puede modificar rápidamente para afrontar las circunstancias cambiantes. En este contexto debe prestarse particular atención a los puntos de abastecimiento, los cuales deben ser amplios y de fácil acceso. Generalmente pueden incluirse en forma simple y barata al planear la distribución, y por no hacerlo a menudo es imposible hacer las modificaciones indispensables en distribuciones insatisfactorias, obsoletas o inadecuadas.

b. Coordinación máxima

La recepción y envío en cualquier departamento debe planearse de la manera más conveniente para los departamentos remitentes o receptores. La distribución debe considerarse como un conjunto y no por áreas aisladas.

c. Utilización máxima del volumen

Una planta debe considerarse como un cubo, ya que hay espacio utilizable arriba del piso. Debe utilizarse al máximo el volumen disponible: se pueden instalar transportadores a una altura máxima a la de la cabeza y usarse como almacenes móviles para trabajos en proceso, o pueden suspenderse herramientas y equipos del techo. Este principio se aplica particularmente en los almacenes, donde las mercancías pueden apilarse a alturas considerables sin inconvenientes, especialmente si se emplea carretillas elevadoras modernas. En algunos casos pueden moverse materiales por medio de transportadores que sobresalgan del edificio.

d. Visibilidad máxima.

Todos los hombres y materiales deben ser fácilmente observable en todo momento: no debe haber escondrijos en lo que pueden extraviarse los objetos. Este criterio es a veces difícil de satisfacer, particularmente se adquiere una planta ya existente. También un principio que enfrenta fuerte resistencia, y se solicitan a menudo oficinas, almacenes, estantes y recintos cerrados especiales, no por su utilidad sino porque constituyen un símbolo de jerarquía o de categoría. Todo cancel o pared divisoria debe pasar por un cuidadoso escrutinio, porque origina una la segregación indeseable y reduce el espacio disponible .

e. Accesibilidad máxima.

Todos los puntos de servicio y mantenimiento debe tener acceso fácil. Por ejemplo, no debe colocarse una máquina contra una pared impidiendo que una pistola engrasadora alcance fácilmente las graseras. En tales circunstancias es probable que el mantenimiento se haga descuidadamente, o en el mejor de los casos que ocupen un tiempo excesivo. De modo semejante si se coloca una máquina frente a una caja de fusibles, se impedirá el trabajo de los electricistas y se podría ocasionar una parada innecesaria de la máquina al abrir dicha caja.

Cuando sea imposible evitar que un punto de servicio quede obstruido, el equipo en cuestión deberá poderse mover, no deberá ser una instalación permanente.

f. Distancia mínima.

Todos los movimientos deben ser a la vez necesarios y directos. El manejo del trabajo incrementa el costo de éste pero no su valor; consecuentemente deben evitarse los movimientos innecesarios o circulares. Una falla muy común es quitar el material de un banco de trabajo y llevarlo a un lugar de almacenamiento mientras espera pasar finalmente al punto siguiente de almacenamiento. Este sitio intermedio de reposo con frecuencia es innecesario y no está planeado, sino que emplea solamente porque cualquier lugar vacío parece conveniente. Deben cuestionarse concienzudamente y evitarse en lo posible los anaqueles, bancos y extras.

g. Manejo mínimo.

El manejo óptimo es el manejo nulo pero cuando es inevitable debe reducirse al mínimo usando transportadores, montacargas, toboganes o rampas, cabrias y carretillas. El material que se esté trabajando debe mantenerse a la altura del trabajo, y colocarse en el piso si ha de tener que levantarse después.

h. Incomodidad mínima.

Las corrientes de aire, la iluminación deficiente, la luz solar excesiva el calor, el ruido, las vibraciones y los olores deben reducirse al mínimo y así es posible contrarrestarse. Las incomodidades aparentemente triviales generan a menudo dificultades desproporcionadamente grandes respecto a la incomodidad misma. La atención dedicada a la iluminación y a la decoración y mobiliario en general puede ser provechoso sin ser costosa. La Iluminación Engineering Socier y pública recomendaciones acerca de la intensidad de iluminación para diversos trabajos, y la mayoría de fabricantes de material de iluminación pueden proporcionar consejos útiles sobre este asunto. La ley Fabril de 1961, establece:

“Una Fábrica... no deberá, mientras se esté trabajando, estar atestada de personal hasta el punto que se pueda representar riesgo o causar daños a la salud de sus empleados. Sin perjuicios de las estipulaciones generales (los precedentes) el numero de persona empleadas simultáneamente en cualquier área de trabajo no deberá ser de tal magnitud el volumen disponible por persona sea menor a 400 pies cúbicos. Al calcular la cantidad de espacio volumétrico en cualquier área no debe tomarse en consideración ningún espacio mayor de 14 pies a partir del piso y cuando el sitio contenga una galería, esta deberá considerarse... como si estuviera separada del resto del área y formara otra independencia

i. Seguridad Inherente.

Toda distribución debe ser inherentemente segura y ninguna persona debe estar expuesta a peligro. Debe tenerse cuidado no sólo de las personas que operen el equipo sino también de las que pasen cerca, las cuales pueden tener necesidad de pasar por atrás de una máquina cuya parte trasera no tenga protección. Esta es una exigencia tanto reglamentaria como moral, por lo que se le debe dedicar una atención esmerada. Se debe contar con instalaciones y servicios médicos apropiados a satisfacción de los inspectores de Salubridad y Seguridad. La experiencia demuestra que el inspector no sólo ésta capacitado para asesorar sobre estos asuntos, sino que siempre está ansioso por ayudar. El fuego es un riesgo permanente y se pueden obtener muchos consejos útiles en el servicio local de bomberos y en las compañías de seguros.

j. Seguridad máxima.

Deben incluirse salvaguardas contra fuego, humedad, robo y deterioro general, hasta donde sea posible, en la distribución original, en vez de agregar posteriormente jaulas, puertas y barreras.

k. Flujo Unidireccional.

No deben cruzarse las rutas de trabajos con las de transporte. En todo punto de una fábrica, el material debe fluir en una sola dirección solamente y una distribución que no se ajusta a esto ocasionará considerables dificultades, si no es que un verdadero caos, por lo que debe evitarse.

l. Rutas visibles.

Deben proveerse rutas definidas de recorrido, y de ser posible deben marcarse claramente. Ningún pasillo debe usarse para fines de almacenamientos, ni aun en forma temporal.

m. Identificación

Siempre que sea posible debe otorgarse a los grupos de trabajadores su “propio” espacio de trabajos. La necesidad de un territorio definido parece ser básica en el ser humano, y el otorgamiento de un espacio defendible con el que pueda identificarse una persona puede a menudo levantar la moral y despertar un sentimiento de cohesión muy real.

3.3 Ventajas de una buena distribución.

Una distribución que satisfaga las condiciones anteriores tendrá las ventajas siguientes respecto a otra que no las satisfaga:

1. El tiempo y costo del proceso general se minimizará reduciendo el manejo innecesario e incrementando en general la eficacia de todo el trabajo.
2. La supervisión del personal y el control de producción se simplificarán eliminando los rincones ocultos donde tantos hombres como materiales pueden permanecer indebidamente.
3. Los cambios de programa se facilitarán mucho.
4. La producción total de una planta dada será lo más alta posible, empleando al máximo el espacio disponible.

5. Se fomentara un sentimiento de unidad entre los empleados evitando la segregación innecesaria.
6. Se mantendrá la calidad de los productos mediante métodos de producción más seguros y mejores.

3.4 Preparación de un esquema de distribución de una Estación de trabajo.

La secuencia sugerida para preparar la distribución de una estación de trabajo es lo siguiente:

- Preparar modelo.
- Estudiar la secuencia de las operaciones.
- Determinar las operaciones claves.
- Ubicar las operaciones claves en el plano.
- Ubicar los pasillos principales.
- Ubicar las áreas de trabajos restantes.
- Ubicar pasillos secundarios.
- Planear las áreas individuales.
- Ubicar el equipo auxiliar.
- Probar las distribuciones terminadas.
- Verificar la distribución sobre el piso.
- Comparar contra la Política de la compañía.

3.5 Puesta en práctica la distribución.

Una vez que se ha terminado la distribución, debe llevarse a la práctica

Planear la manera en que se va a afectar la nueva instalación.

Supervisar la realización del plan .La técnica de planeación conocida como análisis de la ruta crítica es ideal para ambas tareas.

Métodos de ingeniería

Los métodos son parte integral de la vida, puesto que se recurre a ellos para lograr todo cuanto se desea llevar a cabo.

Gran parte de los logros obtenidos están determinados por:

- La forma que los métodos utilizan los recursos limitados
- La forma que afectan los métodos al individuo (física y sociológicamente)
- La calidad de los resultados obtenidos de los métodos, sean un servicio o un producto.

3.6 El recurso fundamental de los métodos es el tiempo

Para la Aplicación de un método deben intervenir los siguientes electos:

- **Finalidad:** es la función, misión, objetivo o necesidad ; lo que se debe lograr, no como se debe lograr
- **Insumos:** los materiales físicos, las personas ; o la información
- **Sucesión:** los pasos necesarios para utilizarlos insumos. (es la médula de la aplicación del método)
- **Medio:** Las condiciones con las que se aplica el método. (aspectos físicos, organizativos, culturales, políticos, entre otros)
- **Elementos Humanos:** Son las personas que participan en los pasos sucesivos; esto incluye lo que hace, sus habilidades y sus responsabilidades.
- **Catalizadores físicos:** es el equipo y los recursos físicos que son utilizados en los pasos sucesivos; el equipo que y la distribución que se adopta para hacer que se cumpla el método.
- **Auxiliares de Información:** son los conocimientos y la información que se aplica en los pasos para hacer que estos se cumplan

Las dimensiones de cada elemento son:

- **Fundamental** : la descripción básica del elemento (el que, como, donde y quien)
- **El Ritmo**: Son las medidas con base en el tiempo.
- **El Control**: La evaluación del elemento y sus procedimientos.
- **Puntos de Contacto**: La reacción del elemento ante otras dimensiones.
- **El Futuro** : Los cambios planeados y necesidad de investigar que cambios se deben programar

Las herramientas del Ingeniero para la aplicación de un método son:

- Sistemas de Inventario
- Diagrama de Flujo de Operaciones
- Historiales de Equipos
- Flujo gramas de Procedimientos
- Sistemas de Codificación
- Manuales de Mantenimiento
- Computación Ampliada
- Planificación y programación de las actividades de Mantenimiento

3.8 Localización del Proyecto de Distribución

La localización más adecuada para una nueva unidad productora de orientarse hacia los mismos objetivos que el tamaño óptimo, esto es hacia la obtención de la máxima tasa de ganancia, si se trata del inversionista privado, y hacia la obtención del costo unitario mínimo, si se considera el problema desde el punto de vista social. La localización de la planta se debe planear cuidadosamente, ya que es costoso cambiarla después. Con los avances de la comunicación y el transporte la

distancia tiene ahora menos importancia, el sitio debe ser suficientemente grande para permitir la ampliación futura.

El estudio del desplazamiento consiste en analizar las variables, que se llaman **Fuerzas Locaciones**, a fin de buscar la localización en que la resultante de estas fuerzas produzca una máxima tasa de ganancia, ó a un mínimo costo unitario. Los principales elementos de juicio a considerar son:

- La suma de los costos de transporte de insumos
- La disponibilidad y costos relativos de los recursos
- La porción con respecto a factores como tenemos, tributación y problemas legales, condiciones generales de vida, facilidad adquisitiva, política de descentralización o de centralización, disposición de aguas residuales, olores y ruidos molestos, entre otros.

Es importante saber que los factores que influyen en la localización industrial han sido agrupados de muchas maneras, pero en el fondo con la misma base conceptual. Los factores básicos que gobiernan corrientemente la evaluación para la localización de fábricas son:

- Localización de materiales de producción
- Mano de obra
- Terrenos disponibles
- Combustible industrial
- Facilidad de transporte
- Mercado
- Facilidades de distribución
- Energía
- Agua

- Condiciones de vida
- Leyes y reglamentos
- Estructura tributaria
- Clima

El problema de la localización se puede abordar en dos (2) etapas:

En la primera se decide la zona general en que se instala la empresa y se puede considerarse que consta de tres (3) pasos los cuales son

- Elegir el territorio o región en general
- Escoger la localidad particular dentro de la región
- Seleccionar dentro de la localidad el lugar en específico para la planta.

El segundo se elige el punto preciso, considerando y a los problemas de detalle, costo de terrenos, facilidades administrativas, entre otras.

ANEXO-G

FICHA SANITARIA PARA EL CONTROL Y AUTORIZACIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE ALIMENTOS

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

RAMO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

San Salvador, 28 de mayo de 2004

ACUERDO No. **216**

EL RAMO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL

CONSIDERANDO:

- I. Que de acuerdo a lo prescrito por el Código de Salud en sus artículos 83, 86 y 91 corresponde al Ministerio de salud emitir las normas necesaria que determinen las condiciones esenciales para la preparación de los alimentos y bebidas, así como la inspección y control y demás requisitos indispensables para la autorización de instalación y funcionamiento de los establecimientos;
- II. Que de acuerdo con las disposiciones citadas es obligación de las personas naturales y jurídicas que produzcan, fabriquen, envasen, almacenen, distribuyan o expendan alimentos y bebidas, así mismo de los medios de transporte cumplir con las condiciones esenciales para asegurar la inocuidad de los alimentos;
- III. Que de acuerdo a lo prescrito en El Código de Salud es necesario la elaboración de las Normas Técnicas Sanitarias para la Autorización y Control de Establecimientos Alimentarios.

POR TANTO:

En uso de sus facultades legales,

ACUERDA:

Dictar las siguientes:.

TITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

OBJETO DE LA NORMA

Las presentes normas tienen por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir los establecimientos alimentarios para la autorización de Instalación y Funcionamiento y el permiso sanitario de los medios de transporte.

CAMPO DE APLICACIÓN

Quedan sujetas a la presente norma las personas naturales y Jurídicas que produzcan, fabriquen, envasen, almacenen, distribuyan ó expendan alimentos procesados y los que se dediquen al transporte de los mismos.

AUTORIDAD COMPETENTE

Corresponde al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en adelante MSPAS, la vigilancia del cumplimiento de las presentes normas a través de los Directores de las Regiones del Sistema Básico de Salud Integral y los Directores de las Unidades de Salud del área geográfica de influencia correspondiente, sin perjuicio de lo establecido en el Código de Salud y otras leyes.

NORMA TÉCNICA SANITARIA PARA LA AUTORIZACIÓN Y CONTROL DE BODEGAS SECAS No. 009-2004-A

1. UBICACIÓN Y ALREDEDORES

La bodega debe estar ubicada en un lugar que no permita la inundación y orientada según el eje Este-Oeste para evitar una mayor exposición de los alimentos al sol durante el día.

Debe existir un espacio libre pavimentado de 2 mts. de ancho alrededor del edificio de la bodega de las paredes exteriores, que impida el acceso de roedores a la bodega, cordón sanitario.

En los alrededores del edificio de la bodega no deben existir, malezas, muebles inservibles y otros que sirvan de albergue de insectos y roedores, focos de infestación.

2. EDIFICIO

2.1 Las dimensiones de la bodega en metros cúbicos por tonelada (M^3/T), deben estar de acuerdo al volumen de alimentos que se proyecta almacenar para evitar acumulación de alimentos en lugares reducidos.

2.2 Los pisos deben ser contruidos de ladrillos de cemento o en su defecto de concreto de 20 cm. de espesor, de superficie uniforme y sin grietas.

2.3 Las paredes deben ser contruidas, de sistema mixto, repelladas, afinadas pintadas de color claro y las uniones con el piso redondeadas y sin grietas.

2.4 Las puertas y ventanas deben tener tela metálica N°10 o N°12 para impedir el ingreso de insectos y roedores.

2.5 El cielo raso debe ser contruido de material impermeable y que no permita albergue de insectos y roedores, no deben estar deteriorados.

- 2.6 La ventilación debe ser adecuada, para ello deben construirse ventanas en forma opuesta a la entrada de la bodega, en la parte superior de las paredes ocupando todo el largo de la pared y de 75 cms. de alto cada una o en su defecto se debe contar con dispositivos mecánicos como extractores de aire que proporcionen una adecuada renovación de aire.
- 2.7 La iluminación debe ser con luz artificial o natural que permita sin dificultad leer cualquier documento, realizar las actividades de limpieza y supervisión, entre otras.
- 2.8 Debe contar con servicios sanitarios adecuados para el personal que labora en la bodega en una relación de 1 inodoro por cada 25 empleados y un lavamanos por cada 15 empleados, cuando hayan más de 25 empleados deben consultar el Reglamento General sobre Seguridad e Higiene en los Centro de Trabajo Y debe disponer de instalaciones para lavar trapeadores u otros utensilios. Estas instalaciones deben construirse fuera de la Bodega.

3. EQUIPO Y MATERIAL DE BODEGA

- 3.1 El equipo debe ser completo y de suficiente capacidad para realizar la limpieza, el control de roedores y demás actividades de prevención que hay que realizar en las bodegas de alimentos. Debe contar con: carretillas, escobas, trapeadores, palas, depósitos para desechos sólidos, tarimas, estantes, bolsas para desechos sólidos, detergentes y desinfectantes adecuados.
- 3.2 Todo el equipo debe estar en buenas condiciones de funcionamiento, este debe estar almacenado en un área específica separado de los alimentos, de preferencia en el exterior de la bodega.
- 3.3 Las sustancias químicas que se utilizan como medidas preventivas para el control de insectos y roedores en la bodega, deben estar autorizadas por la autoridad competente, debidamente almacenadas y rotuladas.

4. DESCARGA DE ALIMENTOS

- 4.1 El traslado de los productos debe hacerse por medio de carretillas para evitar que se rompan los envases y posteriormente se deterioren los productos.
- 4.2 El desalmacenaje debe hacerse considerando las condiciones climáticas para prevenir daños en los envases y posteriormente como consecuencia del mal manejo, los productos se deterioren.

5. ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS

- 5.1 Los alimentos deben estar en estibas separadas por producto con espacios de 75 cms. entre una y otra estiba, para que facilite la limpieza y la circulación del aire, debiendo ordenarse las unidades, sacos, cajas, latas y similares, en forma traslapada para evitar que se caigan.
- 5.2 Las tarimas deben estar separadas 20 - 30 cms. del piso.
- 5.3 Los alimentos deben estar separados a 40 cms de las paredes y a 1.50 mts. del techo para evitar el deterioro de los alimentos.
- 5.4 Deben tener funcionando el Sistema Primeras Entradas Primeras Salidas (PEPS) para que haya una mejor circulación de los alimentos y evitar el vencimiento de los mismos.
- 5.5 No debe haber presencia de químicos utilizados para la limpieza dentro de las instalaciones donde se almacenan productos alimenticios.
- 5.6 Deben mantener los alimentos debidamente rotulados por tipo y fechas en que ingresan a la bodega. Los productos alimenticios ahí almacenados deben estar debidamente etiquetados.

6. OTRAS MEDIDAS PREVENTIVAS

- 6.1 No deben almacenar productos infestados y contaminados dentro de la bodega, mucho menos reutilizar envases, sacos y otros envoltorios que hayan contenido productos infestados o sustancias químicas.
- 6.2 Cuando se trate de cereales a granel, las bocas de los envases que contienen remanentes de producto, deben mantenerse cerradas. También debe llevarse fichas de control de tratamiento preventivo por lotes.
- 6.3 El local debe mantenerse limpio, libre de residuos de productos, derrame de sustancias líquidas y desechos sólidos en los pisos; así como, mantener las paredes y techos libres de suciedades como telarañas y otras. Los desechos sólidos que resulten de la limpieza deben eliminarse de inmediato en forma adecuada.
- 6.4 La bodega debe ocuparse exclusivamente para almacenar alimentos y no para guardar otro tipo de artículos tales como: utensilios viejos, sustancias químicas, detergentes, jabones y otros.
- 6.5 La bodega debe mantenerse libre de residuos de productos y empaques usados.

7. CONTROL DE INSECTOS Y ROEDORES

- 7.1 No debe haber presencia de insectos y roedores, para ello debe mantener un programa de control permanente en el que puede considerar barreras físicas, si estas no resultan efectivas deben emplearse sustancias químicas debidamente aprobadas por la entidad competente.

- 7.2 Para efecto de verificar la ejecución del programa la empresa debe presentar al momento de la inspección una constancia extendida por la casa fumigadora que realiza la actividad de exterminio de insectos y roedores, en caso que el control lo realice la misma empresa, se debe presentar los registros de las fechas de control, sustancias químicas y cantidades utilizadas, métodos físicos empleados y cualquier otra información pertinente que permita verificar el cumplimiento del programa permanente.

8. DE LOS MANIPULADORES

- 8.1 Los trabajadores que laboran en la bodega deben mantener la limpieza e higiene personal.
- 8.2 Deben utilizar la ropa adecuada a las actividades que desarrollan.
- 8.3 Deben haber recibido capacitación sobre higiene y manipulación de alimentos.
- 8.3 Deben mantener los exámenes clínicos vigentes.

DEFINICIONES

Para los efectos de la presente Norma se utilizarán las siguientes definiciones:

9.1 Bodega seca:

Es el establecimiento que se utiliza para almacenar alimentos debidamente envasados, por lo general alimentos procesados importados que no necesitan refrigeración. Estos mismos requisitos aplican para las bodegas secas que se encuentran dentro de las fábricas y supermercados o cualquier otro establecimiento, a los cuales se les debe otorgar un solo permiso.

10. ANEXOS

10.1 Forman parte de la presente norma la Ficha de inspección sanitaria para la autorización y control de Bodegas Secas

III. ANEXOS DE LA NORMAS TÉCNICAS SANITARIAS PARA LA AUTORIZACIÓN Y CONTROL DE ESTABLECIMIENTOS ALIMENTARIOS.

**FICHA DE INSPECCION SANITARIA PARA AUTORIZACION Y CONTROL DE BODEGAS
SECAS
FICHA 009-2004-A**

INSPECCION PARA: Permiso Nuevo Renovación Control
NOMBRE DE LA EMPRESA : _____
DIRECCION DE LA EMPRESA : _____
TELEFONO DE LA EMPRESA: TEL. _____ FAX: _____
PERMISO NUMERO: _____
FECHA DE VENCIMIENTO _____
PROPIETARIO REPRESENTANTE LEGAL
RESPONSABLE DEL CONTROL DE LA BODEGA _____
No. TOTAL DE EMPLEADOS _____
TIPOS DE ALIMENTOS _____
SIBASI _____
ESTABLECIMIENTO DE SALUD _____
NOMBRE DEL INSPECTOR QUE REALIZA LA
INSPECCION _____
FECHA DE 1º. INSPECCION _____ CALIFICACION _____
FECHA DE 1º. RE-INSPECCION _____ CALIFICACION _____
FECHA DE 2º RE-INSPECCION _____ CALIFICACION _____

HASTA 60 PUNTOS: CONDICIONES INACEPTABLES, URGENTE CORREGIR

61 – 70 PUNTOS: CONDICIONES DEFICIENTES, NECESITA HACER CORRECCIONES

71 - 87 PUNTOS: CONDICIONES REGULARES, MEJORAR CONDICIONES

88 – 100 PUNTOS: BUENAS CONDICIONES, HACER ALGUNAS CORRECCIONES

Para efecto de Permiso Sanitario, la bodega debe obtener un mínimo de 90 puntos

ASPECTOS Y PUNTAJE	Máximo	1ª Inspección	2ª Reinspección	3ª Reinspección
I- UBICACIÓN Y ALREDEDORES	10			
1. Ubicación adecuada	4			
2. Existe cordón sanitario	3			
3. Ausencia de focos de infestación	3			
II- EDIFICIO	24			
1. Dimensiones adecuadas (M ³ /T)	3			
2. Pisos bien construidos	2			
3. Paredes bien construidas	3			
4. Puertas y ventanas seguras y protegidas contra insectos y roedores.	5			
5. Cielo raso adecuado	3			
6. Ventilación adecuada	4			
7. Iluminación adecuada	2			
8. Servicios sanitarios y lavamanos adecuados y funcionando	2			
III- EQUIPO Y MATERIAL DE BODEGA	8			
1. Completo suficiente capacidad y funcionando adecuadamente	4			
2. Sustancias químicas para limpieza y control de insectos y roedores autorizadas y debidamente guardados y rotulados.	4			
IV- DESCARGA DE ALIMENTOS	7			
1. Utilizan carretillas para trasladar los productos alimenticios	3			
2. Desalmacenan en condiciones climáticas adecuadas.	4			
V- ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS	17			
1. Estibas separadas por producto y en forma traslapada cuando proceda	3			
2. Tarimas separadas de 20 a 30 cms del piso.	4			
3. Alimentos separados a 40 cms de paredes y a 1.50 mts del techo .	3			
4. Sistema de PEP5 en ejecución.	4			
5. Identificación de alimentos y fecha de llegada.	3			
VI- OTRAS MEDIDAS PREVENTIVAS	18			

ASPECTOS Y PUNTAJE	Máximo	1ª Inspección	2ª Reinspección	3ª Reinspección
1. No almacenan productos infestados y contaminados en la bodega, ni reutilizan envases que hayan contenido productos infestados o sustancias químicas.	4			
2. Mantienen cerrados los recipientes que contienen remanentes de productos.	2			
3. Mantienen limpio el local, libre de residuos de productos, no derrame de sustancias líquidas sobre estibas o en el piso.	3			
4. Mantienen las paredes y los techos libres de suciedad como telarañas y otras.	2			
5. Eliminan la basura adecuadamente y de inmediato.	2			
6. Mantienen exclusividad de la bodega.	5			
VII-CONTROL DE INSECTOS Y ROEDORES	10			
1. Registro mensual de control de insectos y roedores)	5			
2. Ausencia de insectos y roedores	5			
VIII- MANIPULADORES	6			
1. Mantienen limpieza e higiene personal, usan ropa adecuada.	2			
2. Han recibido la capacitación respectiva.	2			
3. Mantienen exámenes clínicos vigentes.	2			
TOTAL PUNTOS	100			

NUMERAL DE LA FICHA	DEFICIENCIAS ENCONTRADAS / RECOMENDACIONES	CUMPLIÓ CON LAS RECOMENDACIONES	
	PRIMERA INSPECCIÓN Fecha:	PRIMERA REINSPECCIÓN Fecha:	SEGUNDA REINSPECCIÓN Fecha:
	<p>En Cumplimiento de lo establecido en el artículo 86 (literales a y b) del Código de Salud DOY FE, que los datos registrados en esta ficha de inspección son verdaderos y acordes a la inspección practicada. Para la corrección de las deficiencias señaladas se otorga un plazo de _____ días, que vence el _____</p> <p>_____</p> <p>Firma del propietario o responsable</p> <p>_____</p> <p>Nombre del propietario o responsable (letra de molde)</p> <p>_____</p> <p>Firma del inspector</p> <p>_____</p> <p>Nombre del inspector (letra de molde)</p>	<p>Nombre y firma del propietario</p>	<p>Nombre y firma del propietario</p>
VISITA DEL SUPERVISOR		Fecha:	
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>			
<p>_____</p> <p>Firma del propietario o responsable</p> <p>_____</p> <p>Nombre del propietario o responsable (Letra de molde)</p>		<p>_____</p> <p>Firma del supervisor</p> <p>_____</p> <p>Nombre del supervisor (Letra de molde)</p>	
<p>ORIGINAL: Expediente. COPIA: Interesado.</p>			

ASPECTOS Y PUNTAJE	Máximo	1ª Inspección	2ª Reinspección	3ª Reinspección
I- UBICACIÓN Y ALREDEDORES	10			
1. Ubicación adecuada	4			
2. Existe cordón sanitario	3			
3. Ausencia de focos de infestación	3			
II- EDIFICIO	24			
1. Dimensiones adecuadas (M ³ /T)	3			
2. Pisos bien contruidos	2			
3. Paredes bien contruidas	3			
4. Puertas y ventanas seguras y protegidas contra insectos y roedores.	5			
5. Cielo razo adecuado	3			
6. Ventilación adecuada	4			
7. Iluminación adecuada	2			
8. Servicios sanitarios y lavamanos adecuados y funcionando	2			
III- EQUIPO Y MATERIAL DE BODEGA	8			
1. Completo suficiente capacidad y funcionando adecuadamente	4			
2. Sustancias químicas para limpieza y control de insectos y roedores autorizadas y debidamente guardados y rotulados.	4			
IV- DESCARGA DE ALIMENTOS	7			
1. Utilizan carretillas para trasladar los productos alimenticios	3			
2. Desalmacenan en condiciones climáticas adecuadas.	4			
V- ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS	17			
1. Estibas separadas por producto y en forma traslapada cuando proceda	3			
2. Tarimas separadas de 20 a 30 cms del piso.	4			
3. Alimentos separados a 40 cms de paredes y a 1.50 mts del techo	3			
4. Sistema de PEPS en ejecución.	4			
5. Identificación de alimentos y fecha de llegada.	3			
VI- OTRAS MEDIDAS PREVENTIVAS	18			

ASPECTOS Y PUNTAJE	Máximo	1ª Inspección	2ª Reinspección	3ª Reinspección
1. No almacenan productos infestados y contaminados en la bodega, ni reutilizan envases que hayan contenido productos infestados o sustancias químicas.	4			
2. Mantienen cerrados los recipientes que contienen remanentes de productos.	2			
3. Mantienen limpio el local, libre de residuos de productos, no derrame de sustancias líquidas sobre estibas o en el piso.	3			
4. Mantienen las paredes y los techos libres de suciedad como telarañas y otras.	2			
5. Eliminan la basura adecuadamente y de inmediato.	2			
6. Mantienen exclusividad de la bodega.	5			
VII-CONTROL DE INSECTOS Y ROEDORES	10			
1. Registro mensual de control de insectos y roedores)	5			
2. Ausencia de insectos y roedores	5			
VIII- MANIPULADORES	6			
1. Mantienen limpieza e higiene personal, usan ropa adecuada.	2			
2. Han recibido la capacitación respectiva.	2			
3. Mantienen exámenes clínicos vigentes.	2			
TOTAL PUNTOS	100			

NUMERAL DE LA FICHA	DEFICIENCIAS ENCONTRADAS / RECOMENDACIONES	CUMPLIÓ CON LAS RECOMENDACIONES	
	PRIMERA INSPECCIÓN Fecha:	PRIMERA REINSPECCIÓN Fecha:	SEGUNDA REINSPECCIÓN Fecha:
<p>En Cumplimiento de lo establecido en el artículo 86 (literales a y b) del Código de Salud DOY FE, que los datos registrados en esta ficha de inspección son verdaderos y acordes a la inspección practicada. Para la corrección de las deficiencias señaladas se otorga un plazo de _____ días, que vence el _____</p> <p>_____</p> <p>Firma del propietario o responsable</p> <p>_____</p> <p>Nombre del propietario o responsable (letra de molde)</p> <p>_____</p> <p>Firma del inspector</p> <p>_____</p> <p>Nombre del inspector (letra de molde)</p>		<p>Nombre y firma del propietario</p>	<p>Nombre y firma del propietario</p>
VISITA DEL SUPERVISOR		Fecha:	
<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>		<p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>_____</p> <p>Firma del propietario o responsable</p> <p>_____</p> <p>Nombre del propietario o responsable (Letra de molde)</p>		<p>_____</p> <p>Firma del supervisor</p> <p>_____</p> <p>Nombre del supervisor (Letra de molde)</p>	
<p>ORIGINAL: Expediente. COPIA: Interesado.</p>			

ANEXO H CARTA PSICROMÉTRICA

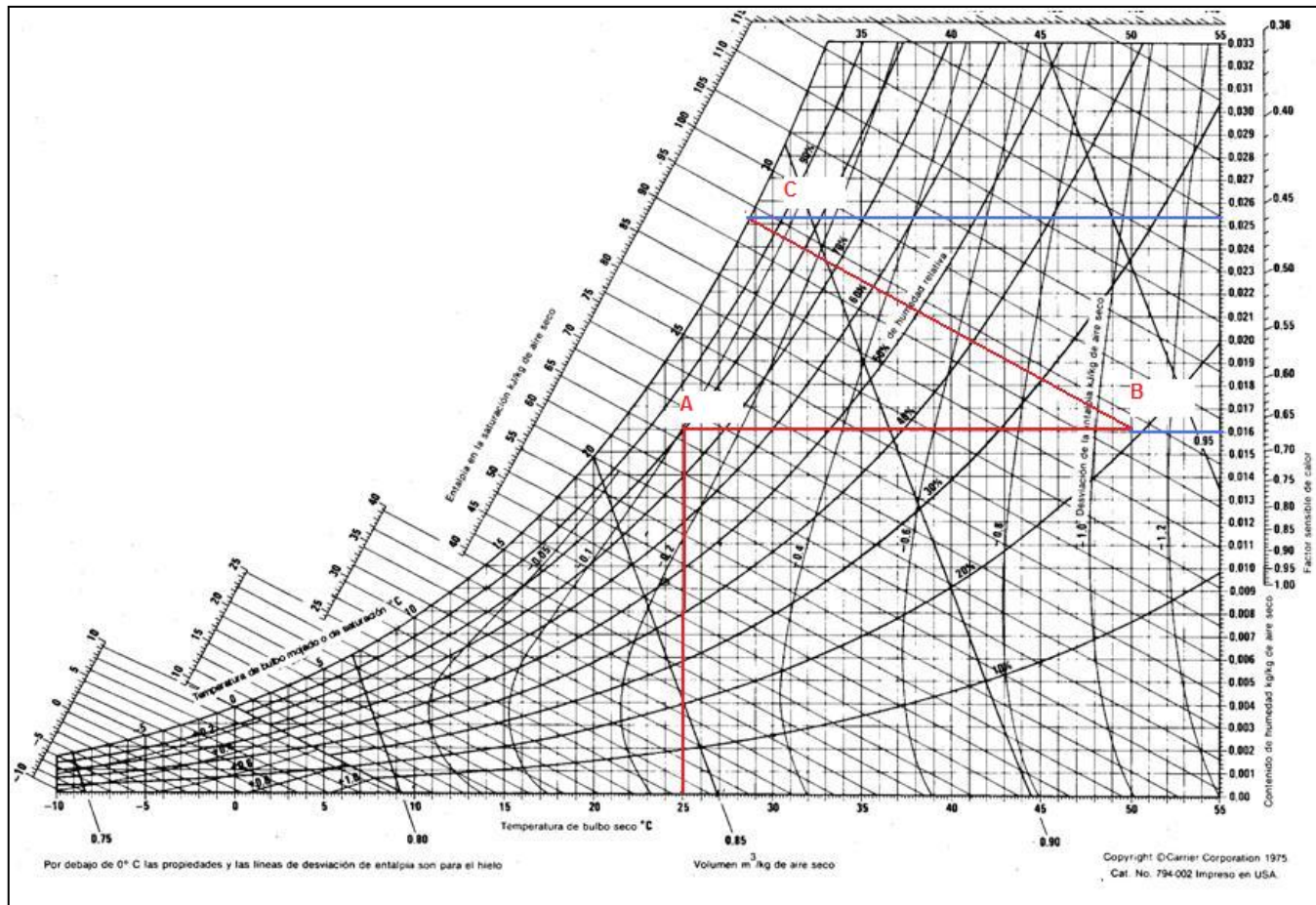


Fig. 4.1 Condiciones de operación del aire en el proceso de secado de arroz granza. (Carrier, 1975)

ANEXO I

DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN CASCADA

