

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE ARROZ
HORIZONTE CON FINES DE OPTIMIZACIÓN**

JUAN CARLOS LOSADA SILVA

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2012**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE ARROZ
HORIZONTE CON FINES DE OPTIMIZACIÓN**

**JUAN CARLOS LOSADA SILVA
CÓDIGO: 2003100046**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agrícola**

**Director
MG. ORLANDO GUZMÁN MANRIQUE**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
NEIVA
2012**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Neiva, 15 de abril de 2012

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

Agropecuaria Horizonte S.A.S. Unidad Molino, directivos y empleados:

Armando Barrios Lemus, Gerente

Isidro Hermosa Bautista, Administrador Unidad Molino

Oscar Eduardo Parra Hermosa, Auxiliar de Laboratorio

A los profesores que estuvieron presentes en las correcciones a este proyecto:

Orlando Guzmán, Director

Rodrigo Pachón, Jurado

Aníbal Rojas, Jurado

A Dios mi madre a mi padre y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este proyecto

CONTENIDO

	Pág.
SUMARY	1
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1. LOCALIZACIÓN	7
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS	7
3.2.1. Equipo de muestreo	7
3.2.2. Equipos de laboratorio	7
3.3. ENSAYOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ARROZ	7
3.3.1. Ensayos para arroz con cascara	7
3.3.1.1. Determinación del contenido de humedad	7
3.3.1.2. Determinación del contenido de impurezas	8
3.3.1.3. Determinación del rendimiento de arroz blanco a partir de paddy	8
3.3.2. Ensayos para arroz descascarado y arroz blanco	9
3.3.2.1. Determinación del contenido de descascarado	9
3.3.2.2. Determinación del grano partido	10
3.4. PROCESO INDUSTRIAL DEL ARROZ	10
3.4.1. Recepción	10
3.4.2. Prelimpieza	10
3.4.3. Secado	11
3.4.4. Almacenamiento	11
3.4.5. Limpieza	11
3.4.6. Descascarado y separación	12
3.4.7. Pulimiento	12
3.4.8. Clasificación y selección del grano	13
3.4.8.1. Cribas rotativas	13
3.4.8.2. Clasificador trierius	13
3.4.8.3. Seleccionadora electrónica por color SELETRON	13
3.4.9. Empaquetado	14
3.5. VARIABLES ESTUDIADAS	14
3.5.1. Recibo	14
3.5.1.1. Metodología	14
3.5.2. Secado	14
3.5.3.1. Metodología	14
3.5.3. Almacenamiento	27
3.5.3.1. Metodología	17
3.5.4. Trilla	17
3.5.4.1. Conformación del descascarador	17

3.5.4.2. Fundamento del descascarador	17
3.5.4.3. Metodología	18
3.5.5. Empaquetado	18
3.5.2.1. Metodología	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE RECIBO	20
4.2. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE SECAMIENTO	21
4.3. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PADDY SECO	26
4.4. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE TRILLA	27
4.4.1. Evaluación del rendimiento del descascarador	28
4.4.2. Evaluación de equipos luego del descascarado	32
4.5. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE EMPAQUETADO	32
5. CONCLUSIONES	34
5.1. RECIBO	34
5.2. SECAMIENTO	34
5.3. ALMACENAMIENTO	34
6.4. TRILLA	35
5.5. EMPAQUETADO	35
6. RECOMENDACIONES	37
6.1. RECIBO	37
6.1.1. Condiciones para recibir la materia prima	37
6.2. SECAMIENTO	37
6.3. ALMACENAMIENTO	38
6.3.1. Cuidados a tener en cuenta en la bodega o silos	
Para almacenar paddy seco	38
6.3.1.1. Control de plagas	38
6.3.1.2. Control de roedores	39
6.3.1.3. Control de hongos	40
6.4. TRILLA	40
6.5. EMPAQUETADO	41
6.6. RECOMENDACIONES PARA TODAS LAS ÁREAS DE PROCESO	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	44

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Especificaciones de la maquina secadora de silos de fondo plano	16
Cuadro 2. Características físicas de los rodillos descascaradores	18
Cuadro 3. Modificaciones en la trasmisión de fuerza del descascarador para obtener las diferentes velocidades de rotación en los rodillos.	19

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de aforos área de recibo	20
Tabla 2. Resumen de aforos área de secamiento	21
Tabla 3. Influencia del espesor de la capa de grano en la humedad final del producto	22
Tabla 4. Duración del proceso de secado en los silos para diferentes espesores en la capa de grano	22
Tabla 5. Influencia del espesor de la capa de grano en el índice de pilada	23
Tabla 6. Resumen de aforos área de almacenamiento	26
Tabla 7. Resumen de aforos área de trilla	27
Tabla 8. Rendimiento del descascarador en función de la velocidad de rotación de los rodillos	28
Tabla 9. Resumen de aforos área de empaquetado	33

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Grafico 1. Índice de pilada a dos profundidades en el espesor de la capa de grano	23
Grafico 2. Comportamiento del índice de pilada para dos variedades de arroz a diferentes contenidos de humedad	25
Grafico 3. Rendimiento del descascarador a diferentes velocidades de rotación en los rodillos	29
Grafico 4. Rendimiento del descascarador en función de la presión de ajuste en rodillos y alimentación	31

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato toma de datos	44
Anexo 2. Fotografías de equipos de laboratorio	45

RESUMEN

En el presente trabajo desarrollado en Arroz Horizonte, situado en el municipio de Neiva (HUILA); se estudiaron los procesos relacionados con la eficiencia de la maquinaria en el recorrido del proceso con el fin de identificar los principales puntos críticos que pudieran afectar la continuidad del mismo. Se tomaron como principales objetos de estudio dos puntos importantes en el asunto los cuales son el proceso de secado y el proceso de descascarado.

En los silos de fondo plano se determinó como son afectados los rendimientos de grano entero, tiempo de proceso y humedad obtenida al variar el espesor de la capa de grano. Obteniendo como resultado que en la medida que se aumenta el espesor de la capa de grano para un volumen de aire y una temperatura constante se reduce la velocidad de secado incrementando el tiempo con respecto a la altura mínima (0.8 m) en 15 horas para la altura 1.0 m y 27 horas para la altura 1.2 m; adicionalmente se encontró que la diferencia de humedad en los extremos de la capa de grano aumenta obteniendo un gradiente de humedad de 1,6 para altura mínima (0.8 m) y de 3,4 para la altura máxima (1.2 m).

En el descascarado se evaluó la incidencia de la velocidad de rotación de los rodillos sobre el rendimiento de grano descascarado y partido. Encontrando que el rendimiento de arroz entero para el proceso de descascarado esta afectado por agentes externos tales como: practicas inadecuadas en su secamiento y manipuleo, sanidad de granos, variedad de arroz y condiciones de cultivo y cosecha; adicionalmente en la evaluación del rendimiento del descascarador se estableció como mejor opción, las velocidades de rotación de 1187 y 901 RPM; donde hubo un 92.1 % en arroz descascarado y un 4.1% de grano partido.

SUMMARY

this work was developed in Arroz Horizonte, it is located in the municipality of Neiva, (Huila); to study the processes related to the efficiency of the machinery in the course of the process in order to identify the main critical points that might affect the continuity of the same. We taken as the main objects of study two major points in the issue of which are the drying process and the shelling process.

In the silos of flat bottom ,it determined as are affected yields of whole grain, time of process and humidity obtained by varying the thickness of the layer of grain. Obtaining as a result that to the extent it, we have to increases the thickness of the layer of grain for a volume of air and a constant temperature reduces the drying speed by increasing the time with respect to the minimum height (0.8 m) in 15 hours for the height 1.0 m and 27 hours for the height 1.2 m ; in addition it was found that the difference in humidity in the ends of the layer of grain increases obtaining a moisture gradient of 1,6 for minimum height (0.8 m) and 3,4 for the maximum height (1.2 m).

In the shelled was evaluated the incidence of the speed of rotation of the rollers on grain yield hulling and chop .We find that the efficiency of rice for the entire process of hulling is affected by external agents such as: inappropriate practices in its drying and handling, health of grains, rice variety, growing conditions and crop; additionally in the evaluation of the process of the sheller was established as the best option, the rotational speeds of 1187 RPM and 901; where there was a 92.1 per cent in rice hulling and 4.1 per cent of grain match.

INTRODUCCIÓN

El arroz es un producto que debe ser sometido a un proceso de industrialización que lo lleve de su estado natural al del producto adaptado a los gustos y necesidades de los consumidores; La eficiencia del proceso de industrialización de arroz se alcanza en la medida que se obtenga un producto suficientemente elaborado y con el menor porcentaje de grano partido, lo cual exige como requisitos mínimos estado y condiciones óptimas del grano, equipo apropiado y en buen estado de funcionamiento acompañada de una operación adecuada.

Teniendo como base los parámetros existentes que permiten determinar falencias en los sistemas de producción y en la evaluación elaborada por la parte productiva de Arroz Horizonte se desarrollo este proyecto como una alternativa para identificar de manera clara y cuantificada las posibles fallas en la línea de producción. Se evaluó la capacidad de los equipos para todas las áreas de proceso y de esta forma se logro identificar el estado actual por zona y proponer recomendaciones que permitan mejorar los puntos críticos presentes en la planta. Durante el desarrollo del proyecto se Lograron hallazgos importantes a nivel del proceso de secado tal como: que el aumento el espesor de la capa de grano incrementa considerablemente el tiempo de secado y que si el tiempo de secado disminuye a medida que se reduce el espesor, el consumo de combustible y energía eléctrica igualmente lo hacen.

Además de los logros obtenidos en el área de secado es importante resaltar que en el área de trilla se pudo determinar la velocidad optima de trabajo para el tipo de descascaradores con los que cuenta la planta, alcanzando con esta propuesta mejorar el rendimiento de descascarado y mejorar el porcentaje de grano partido resultante de este proceso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En uno de los primeros trabajos realizados sobre el tema de los efectos del secado artificial en arroz, Schmidt y Jebe (1959) encontraron que las fracturas en el arroz se producirían principalmente por la velocidad de la extracción de humedad: puntos por hora, y no por temperaturas altas. Estas conclusiones han sido corroboradas en trabajos posteriores y explican, por lo menos parcialmente, el mejor rendimiento que se obtiene, con arroz tropical, al secar en las albercas secadoras típicas de Colombia, en las cuales la extracción de humedad es inferior a 0.5% por hora.

Un estudio hecho por Stermer, R.A. (1968) mostro que las fracturas causadas por desorción (secado) tienen forma irregular y son poco profundas, mientras que las causadas por adsorción y absorción (“rehumedecimiento”) son rectas y más severas. Así, las fisuras que resultan del proceso de secado, empiezan en la superficie y van profundizándose hacia el interior del grano. Este tipo de daño es poco frecuente, y, en consecuencia, la adsorción de humedad, después del proceso de secado, parece tener mayor importancia que el secado por sí mismo.

Kunze y Choudhury (1972) desarrollaron un diagrama hipotético de esfuerzos que se presentan cuando el grano de arroz pierde o absorbe humedad cuando el grano pierde humedad se producen fuerzas compresoras en el interior y si exceden a las fuerzas de tensión en la superficie del grano se pueden presentar fisuras que progresan desde la superficie hacia el centro del grano. Un argumento similar usaron cuando el grano absorbe humedad. En el grano se presenta fuerzas compresoras alrededor de la periferia y si exceden a las fuerzas de tensión en la región central, en el grano se desarrollan fisuras.

En un trabajo de investigación aplicada, realizado por Castillo Álvaro (1990), para la federación nacional de arroceros de Colombia Fedearroz presento las siguientes conclusiones y sugerencias para el mejor diseño y operación de albercas de secado.

- El tiempo de secado en las albercas depende principalmente de las condiciones ambientales, de la temperatura del aire de secado y del volumen de aire aplicado por una determinada cantidad de grano.
- En el caso frecuente en Colombia, de que con un mismo túnel, se abastezca de aire a varios túneles, las velocidades del aire en los túneles especialmente en el tramo entre la descarga del ventilador y la primera

puerta, deben mantenerse inferiores a 2000 pies por minuto (600 metros por minuto), con el fin de disminuir las diferencias entre la cantidad de aire que recibe la primera alberca y las siguientes.

- El manejo del aire en todo el sistema debe ser delicado, se debe evitar las contracciones o expansiones abruptas, las curvas demasiado fuerte, las puertas innecesarias etc.
- El sostenimiento de la temperatura de secado relativamente constante es de mucha importancia en horas de la noche, cuando la temperatura ambiente desciende y la humedad relativa del ambiente aumenta. El descenso de temperatura reduce la capacidad efectiva de secado y fomenta, como se analizó, la aparición de fisuras en el arroz que se encuentre relativamente seco, al rehumedecerlo
- Es necesario tener en cuenta que, al finalizar el proceso, inevitablemente, se presentan diferencias de humedad entre el arroz situado en la parte superior e inferior. Esta diferencia de humedad promedio es normalmente de 1.5 a 2 puntos.

En su trabajo Schluteman y Siebenmorgen (2003) encontraron que para una variedad de arroz dada (en este caso Wells), con una humedad inicial de 16%, se pudieron remover hasta 6.4 puntos porcentuales, sin afectar de manera apreciable el índice de grano entero. Se puede interpretar, según los autores citados, que, si se extrae mayor cantidad de humedad, el resultado puede ser que una parte muy grande del grano atraviese la zona de la transición y se induzcan las tensiones internas a las que ya se hizo referencia. Los autores mencionados también encontraron que cuando la humedad inicial es menor, también es menor la cantidad de humedad que puede extraerse sin afectar los rendimientos de grano entero.

El descascarado se realiza por la combinación de tres efectos: presión de los rodillos, efecto de la velocidad diferencial de los mismos e impacto contra la platina puesta debajo de la descarga de los rodillos.

Entre los diversos procesos que se realizan en un molino de arroz, en los países andinos el descascarado ha sido el que, hasta la fecha, menor atención ha recibido, Castillo Álvaro (2007)

El mismo autor en su libro investigación obtuvo que las velocidades utilizadas en los rodillos oscilan entre 800 y 1000 RPM. La baja dureza que, con frecuencia, tienen los arroces producidos en los trópicos, puede hacer necesario el ajuste de la velocidad de los rodillos para evitar el excesivo partido del arroz.

La velocidad periférica varía con el desgaste. Así, con rodillos nuevos de 10" (15.4 cm, 0.833'), las velocidades periféricas preferidas son 798 metros por minuto para el rodillo rápido y 639 metros/minuto para el lento. Se tiene así un diferencial de 159 metros/minuto del cual depende, de manera importante, la acción de descascarado.

Si el espesor del caucho en el rodillo se reduce 1 cm, su diámetro se reduce a 23.4 cm la velocidad periférica del rodillo rápido se reduce a 731 metros por minuto y la velocidad diferencial a 92 metros por minuto, equivalente a 58% de la velocidad diferencial inicial. Por esta razón es necesario cambiar el rodillo rápido para restaurar la velocidad inicial. El rodillo lento, cuando se ha gastado lo suficiente, debe cambiarse también.

La dureza de los rodillos es otro factor que afecta el rendimiento de las descascaradoras. Los rodillos más duros permiten alcanzar niveles mas bajos de descascarado pero procesan mayor cantidad de arroz. Los rodillos más blandos, por el contrario, alcanzan niveles mas altos de descascarado pero procesan menos toneladas.

No conviene buscar ratas de descascarado demasiado altas por si mismas. La tasa debería ser la mas baja que pueda ser manejada sin problema por el sistema de separación de paddy, para, así, reducir el grano partido, evitar desgastar demasiado los equipos, alargar la vida útil de los rodillos y reducir el riesgo de recalentar los rodamientos.

Con arroz tropical de buena calidad se considera que un buen descascarado es aquel en el que se obtiene un 92% a 94% del arroz integral y un incremento en los granos partidos no superior a 2%, comparado con el que tenga el grano seco descascarado a mano. Naturalmente, este ultimo porcentaje depende en gran medida del buen trato que se de al grano e el cultivo, en el proceso de secamiento y durante el almacenaje.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en la planta de Arroz Horizonte, ubicado en municipio de Neiva en el kilómetro 9 vía Campoalegre.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

3.2.1. Equipo de muestreo

- Tarros plásticos
- Bolsas de plástico
- Bolsas de papel
- Cronometro

3.2.2. Equipos de laboratorio. En el laboratorio se encuentran los equipos necesarios para identificar los aspectos del procesamiento industrial que inciden en el grano, como:

- Balanza
- Limpiadora tipo scalper
- Determinador de Humedad
- Secadora de muestras de ocho bandejas
- Descascarador
- Pulidor
- Bandejas alveoladas
- Termómetro digital
- Pinzas

3.3. ENSAYOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL ARROZ

A continuación se enumeran algunos de los principales ensayos que fueron necesarios para determinar las condiciones físicas del grano durante las diferentes variables a evaluar del procesamiento industrial.

3.3.1. Ensayos para arroz con cascara

3.3.1.1. Determinación del contenido de humedad. Se determina en el equipo Sedburo y para este proceso se pesan 200 gr de paddy y se depositan en el

compartimiento del equipo; presiona el botón central y la pantalla muestra el valor de humedad en porcentaje.

3.3.1.2. Determinación del contenido de impurezas. Se pesan 1500 gr de arroz paddy y se llevan a la maquina limpiadora dejando pasar el mismo contenido dos veces por todas las mallas; posteriormente se pesa el grano limpio y por diferencia se calcula el porcentaje de impurezas mediante la siguiente ecuación.

$$I = \frac{ms - ml}{ms} * 100$$

Dónde:

I = Contenido de impurezas en porcentaje
ms = Peso de la muestra sucia en gramos
ml = Peso de la muestra limpia en gramos

3.3.1.3. Determinación del rendimiento de arroz blanco a partir de paddy. Este ensayo consiste en determinar a partir de una muestra de arroz paddy el rendimiento de arroz blanco entero, partido y harina de pulimiento sometiéndola a los procesos de descascarado y pulido en un equipo que semeja las condiciones del molino industrial.

Se descascara una porción de 1000 gr. De la muestra de arroz paddy limpio y seco al 12% de humedad. Con el grano descascarado se calcula en porcentaje el rendimiento de arroz integral y cascarilla a partir de la muestra inicial.

A partir del arroz integral o descascarado se realiza el proceso de pulido, el arroz blanco obtenido se pesa, para determinar el rendimiento de pilada a arroz blanco, que se relaciona porcentualmente con el peso del arroz con cascara.

$$RP = \frac{mb}{mi} * 100$$

Dónde:

RP = rendimiento de pilada %
mb = peso de arroz blanco (entero más partido) gr
mi = peso inicial de la muestra, 1000 gr

el rendimiento de la harina de pulimiento se obtiene de la diferencia porcentual entre el rendimiento del arroz integral y blanco.

Del arroz blanco se separa 100 gr y se calcula la cantidad de partido con una bandeja alveolar N° 10, se tienen entonces dos masas de grano una con arroz partido y una con arroz entero se divide el peso de cada una entre el total de la muestra inicial (100 gr) y se multiplica por 100 para calcular la participación de cada masa. Obteniéndose así

$$Pe = \frac{me}{mi} * 100$$

Dónde:

Pe = Porcentaje de granos enteros %
me = peso total de granos enteros, gr
mi = peso inicial de la muestra, 100 gr

$$Pp = \frac{mp}{mi} * 100$$

Dónde:

Pp = Porcentaje de granos partido %
me = peso total de granos partidos, gr
mi = peso inicial de la muestra, 100 gr

Luego de obtener estos datos, se calcula el índice de pilada de esta forma.

$$IP = RP * Pe$$

Dónde:

IP= índice de pilada%
RP = rendimiento de pilada %
Pe = Porcentaje de granos enteros %

3.3.2. Ensayos para arroz descascarado y arroz blanco

3.3.2.1. Determinación del contenido de descascarado. Se obtiene una muestra a la salida del descascarador, se limpia con el aspirador de impurezas y se homogeniza, después se pesa 100 gr. Y con unas pinzas se procede manualmente a separar el grano paddy del grano integral. Luego de separado, se determina el peso del arroz integral y el resultado se expresa en porcentaje.

3.3.2.2. Determinación del grano partido. Se toman 100 gr de la muestra, y se pasa por alveolares N° 10, para separar el grano partido del grano entero. Luego de separarlo, se determina el peso del grano partido y el resultado se expresa en porcentaje.

3.4. PROCESO INDUSTRIAL DEL ARROZ

El desarrollo normal del tratamiento del arroz en el molino Arroz Horizonte, desde la recepción del paddy hasta el arroz blanco será narrado en los siguientes numerales.

3.4.1. Recepción. El arroz paddy llega al molino en camiones transportando el grano en sacos de fique o a granel, regularmente con humedad del 24% y un contenido de impurezas del 3%, los vehículos son pesados en basculas para camiones y acto seguido el grano es descargado en tolvas de carga a granel para ser sometidas a la primera máquina “la prelimpiadora” cuya función es la de acondicionar el grano mediante la extracción de las impurezas grandes.

Durante el proceso de descarga el arroz en las tolvas se obtiene una muestra representativa del cargamento. Esta muestra es obtenida adecuadamente por el muestreador y es enviada al laboratorio.

En el laboratorio las muestras se someten a un análisis del estado físico del grano para definir el valor real a pagar por el producto en condiciones iniciales de cosecha tiene relación con el patrón de calidad, constituido por una serie de factores físicos, cuya determinación, constituye la base de esa valoración.

Las principales determinaciones físicas, utilizadas en la comercialización para identificar la calidad del grano son: la variedad de arroz, el contenido de impurezas, el contenido de humedad y el rendimiento de arroz entero blanco a partir del paddy.

3.4.2. Prelimpieza. El arroz acabado de cosechar esta generalmente sucio y, antes de llegar al secado y almacenamiento, necesita una limpieza en la cual son retiradas las impurezas gruesas, polvo y partículas extrañas.

Este equipo de limpieza cumple la función de extraer las impurezas y materias extrañas como tallos y hojas por medio de zarandas que tienen perforaciones con diámetro mayor que el del grano e impurezas livianas como grano vano y polvo presentes en el grano por medio de corrientes de aire producidas por un ventilador centrífugo acoplado.

3.4.3. Secado. El contenido de humedad promedio en el arroz acabado de cosechar es del 24%, raras veces el arroz paddy tiene menos de este valor, sin embargo alcanza a menudo más del 24%. Almacenado en tal estado, el arroz se deterioraría muy pronto. Por eso es una necesidad imprescindible secar la totalidad del arroz lo más pronto posible después de la siega, de acuerdo con las condiciones de almacenaje, llevando la humedad del 12-13,5%.

La planta tiene una capacidad total de secamiento de secamiento de 396 toneladas métricas para procesar la producción de paddy verde de la región, distribuida en 3 secadores, uno de 6, otro de 7 y un tercero de 8 silos de fondo plano.

Este proceso se realiza inmediatamente después de la prelimpieza. En el molino este secamiento es continuo y la temperatura de secado en silos es controlada (máximo 38 grados Celsius).

Las instalaciones están diseñadas para permitir la libre circulación del aire, eliminando el aire saturado de humedad y protegiendo al grano de cambios bruscos en el medio ambiente, lluvias, exposición directa al sol y otros.

3.4.4. Almacenamiento. El molino cuenta con una capacidad de almacenamiento de 641 toneladas métricas correspondiente a 4 bodegas de concreto que no cubren el espacio necesario para almacenar la cantidad de paddy seco de la producción de un mes de trilla.

3.4.5. Limpieza. El equipo de limpieza cumple la función de extraer las impurezas y materias extrañas que no fueron separadas en el paso de prelimpieza; dicho equipo está conformado por tres juegos de cribas superpuestas e inclinadas y con movimientos vibratorios. El grano es distribuido sobre el extremo superior de la primera criba reteniendo en su superficie las impurezas grandes (tallos hojas), y permite el paso, a través de sus orificios, de grano e impurezas medianas y pequeñas. Las impurezas grandes son conducidas a su respectiva salida. El grano, junto con las impurezas medianas y pequeñas llegan a la segunda criba, que retiene en su superficie las impurezas medianas (tallos y hojas que no fueron atrapadas en la primera criba), dejando pasar a través de sus orificios granos e impurezas pequeñas. Las impurezas medianas retenidas son conducidas a la salida, finalmente, el grano y las impurezas pequeñas (arena, semillas finas, etc.)

caen sobre la tercera criba que retiene en su superficie el grano limpio y permite el paso, a través de sus orificios de impurezas finas. El grano limpio retenido es conducido a su salida definitiva. Este proceso, se lleva a cabo en presencia de corrientes de aire, que permite una operación libre de polvo, y una extracción de impurezas livianas presentes en el grano (granos vanos).

3.4.6. Descascarado y separación. A continuación de la limpiadora, se encuentra el descascarador el cual retira la cascara de arroz paddy seco, por medio de dos rodillos de caucho girando a velocidades diferentes cada uno.

En el paso siguiente el producto y subproductos encuentran la separadora de pica y aventadora de cascara. La función que cumple estos equipos son las de separar la pica mediante una zaranda y la cascarilla e impurezas mediante una corriente de aire.

En este proceso se genera el primer subproducto desechable, la cascarilla de arroz, es el subproducto de más fácil manejo para la industria arrocera y perjudicial para el medio ambiente.

Posteriormente se encuentra la separadora de paddy o mesa densimétrica, máquina que separa y extrae de la masa de arroz aquellos granos que por cualquier motivo no hayan sido aún descascarados con el fin de garantizar que a la fase siguiente de proceso ingrese solamente arroz integral y por otra parte, permitir que el arroz paddy existente retorne al proceso de descascarado.

Estas máquinas realizan la separación de los granos de integral a paddy, mediante movimientos oscilatorios repetitivos de la mesa, que trabajando inclinada permite la clasificación por peso específico del producto, haciendo que el grano de menor peso específico (paddy) suba en los pisos de la mesa y que el de mayor peso específico (integral) baje para su descarga.

El arroz descascarado es llevado a los cilindros de precisión que constan de tambores rotativos de malla de diferente diámetro, permiten el paso del integral y evacuan cualquier otro elemento extraño que aparezca dentro de este.

El arroz descascarado continúa su recorrido hacia los pulidores donde se separa del grano, en forma gradual el salvado.

3.4.7. Pulimiento. El arroz descascarado tiene un color que da la impresión de estar sucio y tiene un aspecto poco atractivo. Para convertirlo al estado de limpio, vidrioso y blanco hay que quitarle una fina película grasienta (salvado) que cubre el arroz integral.

En este proceso se retiran las capas de salvado que cubren el grano a través de tres etapas todas ellas mediante rodillos de fricción las máquinas están colocadas a diferente altura con el fin de que el arroz fluya por gravedad, no habiendo necesidad de elevadores entre las máquinas. La harina es succionada por un exhaustor y recolectada en un ciclón.

3.4.8. Clasificación y selección del grano. El arroz blanco pasa a dos quipos de clasificación, del que separa el grano entero del grano partido y clasifica el partido por su tamaño.

3.4.8.1. Cribas rotativas. Es el primer equipo de clasificación. Esta máquina consta de tres mallas con ranuras circulares y de diferentes tamaños cada una; estas máquinas separan la mayor parte del excelso del arroz blanco, evacuan una parte de granza y entregan una mezcla entero-partido.

3.4.8.2. Clasificador trierius. El clasificador trieurs es un cilindro, que con su eje longitudinal ligeramente inclinado respecto a la horizontal, gira alrededor de su eje de revolución; su parte interior está confeccionada con lámina alveolada. El arroz blanco llega a la tolva de recibo del trieurs, se deposita gradualmente el interior del cilindro inclinado, una vez allí, inicia su recorrido deslizante hacia el extremo más bajo del clasificador, en dicho recorrido, aquellos granos cuyo tamaño es menor que el diámetro de las concavidades de la lámina, se introducen en los alveolos e inician su ascenso por la rotación del cilindro, que los lleva hacia la parte más alta de la pared circular, de donde por gravedad, el grano se sale del alvéolo y cae dentro de la artesa de recolección, para ser tomado por un sinfín que lo lleva a su ducto de salida. El grano que por su tamaño no alcanza a ser tomado por los alveolos, continua su recorrido sobre la parte baja de la pared del cilindro, hasta encontrar su ducto de salida.

3.4.8.3. Seleccionadora electrónica por color SELETRON. El arroz entero y medio grano son enviados a las tolvas donde cada producto es clasificado en una máquina de este tipo.

El producto se hace circular fuera de las tolvas por medio de unos alimentadores vibratorios hacia 4 canales que a su vez están divididos en 16 canales pequeños por donde pasa el grano. A medida que el producto baja por el canal, los granos son acelerados y separados. La venta de inspección es iluminada por cuatro lámparas fluorescente, dos en el frente y dos en la parte trasera. Los dispositivos ópticos miden la luz proveniente de cada grano. Cuando se detectan granos de color anormal, estos son desviados del flujo con un chorro de aire de los eyectores. Estos granos de color inadecuado son recolectados en el conducto de rechazo. Los granos aceptables continúan en su camino hacia los conductos de aceptación.

El medio grano y el excelso provenientes del proceso anterior son mezclados en proporción para producir un arroz comercial del 10% de grano partido.

3.4.9. Empaquetado. En el mercado actualmente se comercializa el arroz elaborado en dos tipos de empaque: polietileno en presentaciones de libra, tres kilos y cinco kilos y polipropileno en presentación de diez kilos. El producto empacado pasa a la bodega de almacenamiento de arroz blanco y de allí a la zona de carga, terminando el proceso con la comercialización del producto.

3.5. VARIABLES ESTUDIADAS

Los controles propuestos en este trabajo, tienen como objetivo principal, recomendar criterios definidos que permitan tomar decisiones oportunas y corregir deficientes funcionamientos, desajustes y demás posibles fallas de los equipos garantizando que la calidad final del producto cumpla los requisitos fijados previamente.

3.5.1. Recibo. El área de recibo cuenta que una limpiadora marca FAMAG en tipo gemelas la cual es la encargada de llevar a cabo el proceso de prelimpieza del producto tan pronto es descargado en la tolva de granel paddy verde. Además existen otros equipos de transporte encargados movilizar el producto durante esta parte del proceso.

3.5.1.1. Metodología. Se llevo a cabo una toma de datos mediante el aforo de cada una de las maquinas presentes en el área; los datos que se obtuvieron luego de llevar a cabo el control durante las cuatro semanas se tabularon en una hoja de Excel la cual permitió determinar la capacidad actual de los equipos de transporte del producto y compararla con la capacidad instalada. De esta forma se encontraron posibles puntos críticos que permitieron evaluar el estado actual del área de trabajo.

3.5.2. Secado. El molino utiliza un solo sistema de secado que comprende la remoción de humedad en albercas de fondo plano. Luego del proceso de prelimpieza el arroz se envía mediante el uso de elevadores y transportadores a los silos de secado; en ellos se efectúa en forma lenta la remoción de humedad con aire a una temperatura promedio de 35°C de acuerdo con las condiciones externas.

Las tres baterías de secado tienen una capacidad total de 396 Toneladas utilizan cada una un ventilador centrifugo con un motor de 50 HP, que fuerza un volumen de aire de 58000 CFM a un túnel que hace la distribución de aire a los silos.

3.5.2.1. Metodología. En la etapa de estudio del área se evaluó la capacidad de los equipos encargados de desarrollar las labores. Se llevó a cabo una toma de datos mediante el aforo de cada una de las máquinas presentes en el área; los datos que se obtuvieron luego de llevar a cabo el control durante las cuatro semanas se tabularon en una hoja de Excel la cual permitió determinar la capacidad actual de los equipos de transporte del producto y compararla con la capacidad instalada. De esta forma se encontraron posibles puntos críticos que permitieron evaluar el estado actual del área de trabajo.

Además se evaluó el rendimiento de granos enteros de arroz blanco a partir del paddy o índice de pilado, sometiendo el arroz paddy a procesos de descascarado y pulido en un equipo de laboratorio que semeja las condiciones del molino industrial.

En la batería uno de secado que comprende seis silos de fondo plano se llevó a cabo el seguimiento del secado con espesores de 0,8 m, 1,0 m, 1,2 m utilizando un caudal de aire de 58000 CFM y una temperatura de secado de 35°C promedio.

Cuadro 1. Especificaciones de la maquina secadora de silos de fondo plano

MAQUINA SECADORA (SILOS CON FONDO PLANO)					
DIMENSIONES DE LOS SILOS					
NUMERO DE SILO	LARGO (mt)	ANCHO (mt)	ALTO (mt)	VOLUMEN MAXIMO DE ARROZ (mt³)	PESO MAXIMO DE ARROZ SECO BULTOS (62,5 Kg)
1	6.22	5.31	1.3	42.94	339.59
2	6.22	5.24	1.3	42.37	335.11
3	6.22	5.24	1.3	42.37	335.11
4	6.22	1.09	1.3	39.30	310.79
	5.65	4.15	1.3		
5	5.65	5.24	1.3	38.49	304.40
6	5.65	5.31	1.3	39.00	308.47
VOLUMEN MAXIMO POR COCHADA				244.46	
PESO MAXIMO ARROZ SECO POR COCHADA				1,933.48	
QUEMADOR					
COMBUSTIBLE			CARBON MINERAL COQUE		
CONSUMO DE COMBUSTIBLE			16 KILOS POR CADA 1000 KG DE PADDY		
TEMPERATURA DE AIRE DE SECADO			32 - 40 ° C		
VENTILADOR					
MARCA			DELTA		
MODELO			VC 60		
TIPO			CENTRIFUGO		
DIAMETRO DE LA RUEDA			1,2 mt		
VOLUMEN DE AIRE			58000 CFM		
PRESION			2,8 PULG DE COLUMNA DE AGUA		
Nº DE ALETAS			12		
VELOCIDAD			720 R.P.M.		
MOTOR					
MARCA			SIEMENS		
POTENCIA			50 HP		
TENSION			220 V		
CORRIENTE			126 A		
VELOCIDAD			1760 R.P.M.		
COS			0.84		

Durante el secado en los silos de fondo plano se tomaron muestras de grano en cada silo para observar el estado de la humedad del mismo, y se determino el momento de finalización del proceso, se hicieron lecturas de las temperaturas de secado, para su regulación y control.

Al culminar el secado en los silos se tomaron muestras de grano a cada silo en tres puntos diferentes de la capa superior e inferior para cada espesor de grano

con el fin de analizar su influencia en el comportamiento de la humedad e índice de pilada en el silo.

3.5.3. Almacenamiento. El área de almacenamiento cuenta solamente con equipos encargados de transportar el producto en seco y llevarlo a los silos donde será depositado durante el tiempo de almacenaje. Las cuatro bodegas están construidas en concreto y están dispuestas en la parte trasera del área de trilla.

3.5.3.1. Metodología. Se llevo a cabo una toma de datos mediante el aforo de cada una de las maquinas presentes en el área; los datos que se obtuvieron luego de llevar a cabo el control durante las cuatro semanas se tabularon en una hoja de Excel la cual permitió determinar la capacidad actual de los equipos de transporte del producto y compararla con la capacidad instalada. De esta forma se encontraron posibles puntos críticos que permitieron evaluar el estado actual del área de trabajo.

3.5.4. Trilla. El área de trilla es donde se encontraran la mayor cantidad de equipos pues como se mencionó anteriormente es aquí donde se hace la transformación del arroz de paddy seco a arroz blanco elaborado y por lo tanto hay diferentes procesos que si no son llevados a cabo de manera correcta disminuyen considerablemente los rendimientos de producción afectando directamente al empresario. Es por esta razón que adicionalmente se llevo a cabo un estudio más profundo sobre la eficiencia del proceso de descascarado que es de vital importancia en la producción.

3.5.4.1. Conformación del descascarador

- Tolva
- Trampa para el control de afluencia con rodillo de alimentación uniforme
- Dos cilindros de aluminio con igual diámetro, con una cubierta de goma de aproximadamente 25 mm de espesor, giran en diferente sentido de rotación uno con respecto al otro y a diferente velocidad
- Exhaustor de aire acoplado
- Motor 10 HP, 1775 R.P.M.

3.5.4.2. Fundamento del descascarador. El arroz paddy entra a la tolva de recibo y se detiene en la trampa de afluencia; allí la toma el rodillo alimentador para distribuirla uniforme y constantemente a todo lo largo del espacio entre rodillos.

El par de rodillos giran en diferente sentido de rotación, cada uno de ellos tiene una velocidad diferente y van en dirección hacia adentro, cuando el paddy pasa a

través de la abertura, entra en contacto individual con las superficies de los rodillos, de tal forma que el paddy es friccionado y descascarado.

Durante el descascarado se genera una gran cantidad de calor lo cual ablanda la superficie del rodillo, y hace que se desgaste más rápidamente por lo cual las maquinas operan en presencia de corrientes aire producidas por un exhaustor acoplado que elimina el polvo y disipa la temperatura.

El soporte del eje de uno de los cilindros esta fijo, el soporte del otro es móvil y puede graduarse neumáticamente para que el resquicio entre los rodillos sea más estrecho o más ancho. La abertura del rodillo se regula por medio de un válvula que lleva el aire comprimido a un cilindro neumático fin de mover el eje basculante hacia el rodillo estacionario y obtener el descascare del producto.

Para el fácil cambio de los rodillos están dispuestos en voladizo. El número de revoluciones del cilindro impulsado, oscila entre 700 y 900 por minuto. El cilindro contrario corre un poco más de prisa por lo cual se consigue el efecto descascarador en el arroz paddy que pasa. En el caso de que fuere igual el número de revoluciones en los dos rodillos, el arroz seria aplastado y no descascarado.

3.5.4.3. Metodología. Se llevo a cabo una toma de datos mediante el aforo de cada una de las maquinas presentes en el área; los datos que se obtuvieron luego de llevar a cabo el control durante las cuatro semanas se tabularon en una hoja de Excel la cual permitió determinar la capacidad actual de los equipos de transporte del producto y compararla con la capacidad instalada. De esta forma se encontraron posibles puntos críticos que permitieron evaluar el estado actual del área de trabajo.

Para el caso específico del descascarador se inspecciona y se evaluó la capacidad, las revoluciones empleadas para el descascare del producto, las presiones de ajuste en la distancia entre cauchos y el desgaste de los rodillos. La evaluación se llevó a cabo en una descascaradora de arroz para cauchos N° 10

Cuadro 2. Características físicas de los rodillos descascaradores

MARCA DE RODILLO	SATECOL
LONGITUD	254 mm
DIAMETRO	225 mm
ESPESOR DEL CAUCHO	25 mm

Para lograr el objetivo propuesto se realizo un análisis específico sobre las condiciones de trabajo del descascarador en el molino, empleando una velocidad

en el eje estacionario y basculante de 1187-901, 1026-795 y 921-712 R.P.M. 30 Bult/hr de alimentación en la separadora (Bultos de 75 kg) y presión de 45 PSI, recogiendo información de grados de descascare y grano partido durante el periodo útil de los rodillos.

Posteriormente se evaluó con cada una de las velocidades mencionadas las condiciones de operación del descascarador combinando cargas de 20,25 y 30 Bult/hr de alimentación en la separadora. Empleando presiones de ajuste para los rodillos de 40, 50, 60 y 70 PSI. Con la finalidad de estimar, conocer y relacionar el comportamiento de cada una de las variables presentes.

Cuadro 3. Modificaciones en la transmisión de fuerza del descascarador para obtener las diferentes velocidades de rotación en los rodillos.

MODIFICACIONES	VELOCIDAD EN EL EJE DEL RODILLO ESTACIONARIO - VASCULANTE		
	1187-901 R.P.M.	1026-795 R.P.M.	921-712 R.P.M.
DIAMETRO DE LA POLEA DEL EJE ESTACIONARIO	22,5 cm	29,5 cm	29,5 cm
DIAMETRO DE LA POLEA DEL EJE VASCULANTE	22,5 cm	22,5 cm	22,5 cm
DIAMETRO DE LA POLEA DEL MOTOR	15,5 cm	17,8 cm	15,5, cm

Los principales factores tenidos en cuenta para medir la eficiencia del descascarador son el porcentaje descascare y el porcentaje de grano partido obtenido de analizar una muestra a la salida del descascarador.

3.5.5. Empaquetado. El área de empaquetado cuenta solamente con equipos encargados de transportar el producto en blanco y llevarlo a las tolvas donde será empaquetado debido a que los equipos para este proceso son muy rudimentarios no serán evaluados; en su lugar será evaluada la capacidad de la clasificación electrónica que se encuentra ubicada en esta área.

3.5.3.1. Metodología. Se llevo a cabo una toma de datos mediante el aforo de cada una de las maquinas presentes en el área; los datos que se obtuvieron luego de llevar a cabo el control durante las cuatro semanas se tabularon en una hoja de Excel la cual permitió determinar la capacidad actual de los equipos de transporte del producto y compararla con la capacidad instalada. De esta forma se encontraron posibles puntos críticos que permitieron evaluar el estado actual del área de trabajo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE RECIBO

Luego de identificar los equipos, se procedió a llevar a cabo una inspección durante un periodo de 4 semanas que contempla el aforo de la maquinaria de transporte del producto y un seguimiento sobre el correcto funcionamiento de la maquinaria de procesos.

Tabla 1. Resumen de aforos área de recibo

NOMBRE DEL EQUIPO	PROMEDIO	GR/HORA	TON/HORA	CAPACIDAD INSTALADA EN TON/HORA
Banda recibo	2,249.7	8,098,740.0	8.1	8
Elevador	2,032.3	7,316,120.0	7.3	8
Prelimpiadoras gemelas	2,435.4	8,767,296.0	8.8	8
Elevador	1,994.2	7,179,192.0	7.2	8
Banda	2,366.2	8,518,248.0	8.5	8
Elevador	1,502.8	5,410,116.0	5.4	8
Sinfín	1,374.4	4,947,912.0	4.9	8

Según los datos registrados en la tabla anterior se puede decir que la capacidad limitada del área de recibo está ligada directamente a la diferencia marcada entre los equipos de transporte y los equipos de procesos. Se observa que mientras la capacidad del equipo responsable de la labor en este área (Prelimpiadoras gemelas) cuenta con una capacidad de 8 Ton/hora lo que significa que extracción de impurezas (que varía entre un 1% y un 2,5%) tiene una capacidad suficiente para llevar a cabo su oficio mientras los elementos de transporte que siguen a este proceso tienen ciertas deficiencias que les impiden alcanzar su capacidad instalada por lo cual en esta área es subutilizada la capacidad de este equipo.

Se recomienda entonces revisar minuciosamente el estado actual de los equipos encargados de transportar el arroz en esta área teniendo en cuenta que el objetivo inicial de su instalación es llevar a cabo un proceso eficiente de limpieza de la materia prima en su estado inicial.

Como observación general se encuentran deficiencias en el control de aseo general en elevadores, bandas transportadoras, transportadores sinfín,

Prelimpiadoras, zarandas y clasificadoras, la acumulación de arroz en el chasis de las bandas transportadoras ocasiona sobrecarga y contaminación del proceso.

4.2. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE SECAMIENTO

Luego de identificar los equipos, se procedió a llevar a cabo una inspección durante un periodo de 4 semanas que contempla el aforo de la maquinaria de transporte del producto y un seguimiento sobre el correcto funcionamiento de la maquinaria de procesos.

Tabla 2. Resumen de aforos área de secamiento

NOMBRE DEL EQUIPO	PROMEDIO	GR/HORA	TON/HORA	CAPACIDAD INSTALADA EN TON/HORA
Banda secado	1,668.1	6,005,016.0	6.0	6
Sinfín	1,666.5	5,999,292.0	6.0	6
Sinfín llenado silos secado	1,668.9	6,008,148.0	6.0	6
Banda vaciado secado	1,694.6	6,100,524.0	6.1	6
Banda vaciado secado	1,708.5	6,150,492.0	6.2	6

De acuerdo con los datos registrados en la tabla anterior se concluye que la capacidad instalada en esta área corresponde a 6 Ton/hora y que según los registros de los aforos la capacidad actual corresponde a este valor; lo cual permite inferir que los problemas ligados a el área de secamiento no corresponden a deficiencias en sus equipos de transporte sino que corresponden a problemas en cuanto a la eficiencia del secado.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se evaluó además de la capacidad de los equipos, la incidencia de la altura de capa de grano en el proceso de secado y posteriormente en el proceso de trilla con el fin de obtener mejoras para dicho proceso.

Se parte de un grano verde con unas condiciones promedio de recibo de 25,7% de humedad y 4,6% de impurezas, se obtienen los siguientes resultados en el proceso de secado en los silos de fondo plano.

El comportamiento del secado en los silos de fondo plano para los espesores de grano de 0,8, 1,0 y 1,2 m a una temperatura de secado entre los 34 y 40 °C se resume en la Tabla 3. Se encontró que el gradiente de humedad aumenta con el espesor de grano; con 0,8 m, la diferencia de humedad entre el extremo superior

e inferior, fue de 1,6%; si el espesor se aumenta a 1,0 y 1,2 m, la diferencia llega a ser de 2,1% y 2,7% respectivamente.

Tabla 3. Influencia del espesor de la capa de grano en la humedad final del producto

ESPESOR DE CAPA (mts)	IMPUREZAS (%)	HUMEDAD DEL GRANO (%)		
		EXTREMO SUPERIOR	EXTREMO INFERIOR	GRADIENTE
0,8	3,0	12,8	11,2	1,6
1,0	3,5	12,8	10,7	2,1
1,2	3,8	13,0	9,6	3,4

El aumento del espesor de la capa de grano incremento considerablemente el tiempo de secado. Para espesores de 1,2 m la duración de secado fue de 72 hr; con espesores de 1,0 y 0,8 m el tiempo disminuyo a 60 y 45 respectivamente. Hay que tener en cuenta que si el tiempo de secado disminuye a medida que se reduce el espesor, el consumo de combustible y energía eléctrica igualmente lo hacen.

Tabla 4. Duración del proceso de secado en los silos para diferentes espesores en la capa de grano.

ESPESOR DE CAPA (mts)	CANTIDAD DE GRANO		TIEMPO DE SECADO (Hr)	CONSUMO DE CARBON MINERAL (Kg)	CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA (Kwh)
	(Kg)	(Bultos)			
0,8	129.518,5	2.072	45	2.072,3	1.468
1,0	161.898,2	2.590	60	2.590,4	1.958
1,2	194.277,8	3.108	72	3.108,4	2.349

Los ensayos de pilado realizados a las muestras de la capa superior e inferior para cada espesor de grano con el fin de determinar la calidad molinera, mostraron que el grano que se encuentra cerca de la malla presenta mayor índice de pilado que el grano de la parte superior. Ver Gráfico 1.

Tabla 5. Influencia del espesor de la capa de grano en el índice de pilada.

ESPESOR DE CAPA (mt)	INDICE DE PILADA (%)		
	EXTREMO SUPERIOR	EXTREMO INFERIOR	GRADIENTE
0,8	68,9	69,2	0,3
1,0	58,6	59,5	0,9
1,2	65,6	66,3	0,7

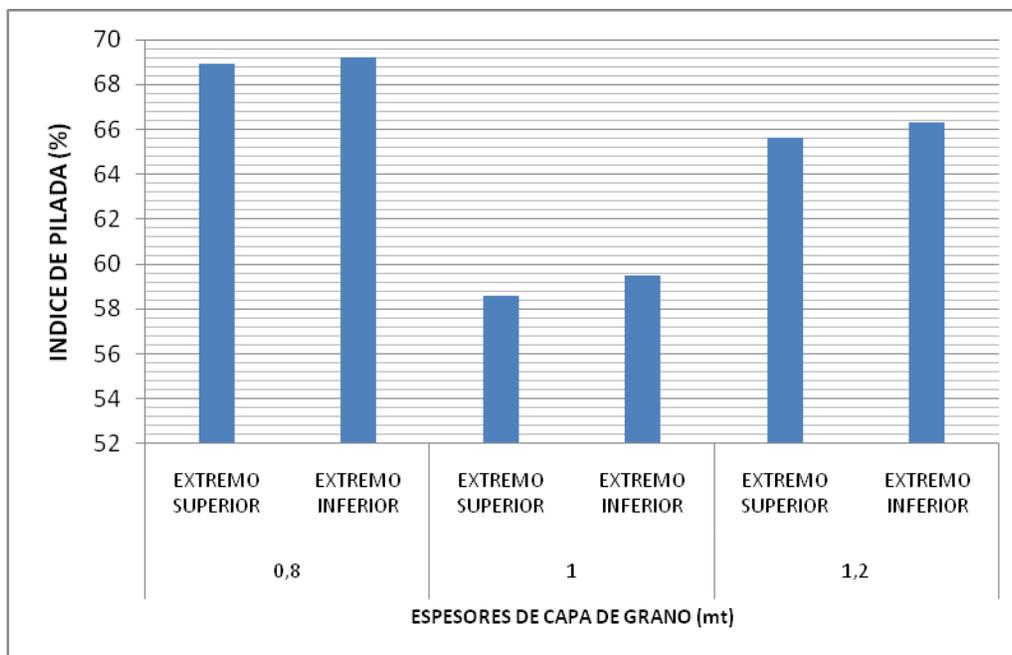


Gráfico 1. Índice de pilada a dos profundidades en el espesor de la capa de grano

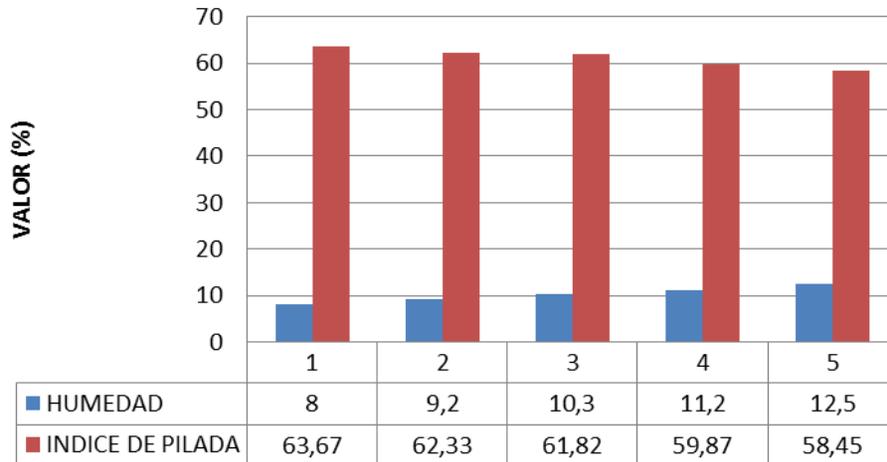
Es posible que el grano que está cerca a la malla por tener mayor secamiento debido a que está más expuesto al aire secante aumente el rendimiento de granos enteros que el grano que está en la capa superior por estar más húmedo. Para comprobarlo se realizaron pruebas de secamiento a diferentes contenidos de humedad en laboratorio con dos variedades de arroz, Fedearroz-60 y Panorama a una temperatura de secado de 32°C y determinamos su calidad al ser descascarado y pulido. Ver Gráfico 2.

Se encontró en el laboratorio para las dos variedades de arroz que a medida que los granos pierden su humedad el índice de pilada aumenta pero esto conlleva indirectamente en un incremento en la resistencia para ser pulido (apreciación a vista)

Por lo tanto se estima que el grano más seco o el grano del fondo del silo, tiene una mayor resistencia al ser blanqueado que el del extremo superior del silo; es decir, un grano demasiado seco será más duro de procesar en la industria lo que resulta en arroz cuarteado durante el proceso de pulimiento porque se necesita presión adicional para blanquearlo y obtener un proceso parejo.

La alta diferencia de humedad en la carga del grano en un silo con fondo plano causa un proceso de pulimiento disperejo. El grano con más alto contenido de humedad tiene menos rigidez para resistir el pilado y es más fácil de quebrarse. Por lo tanto, su manejo necesita mayor cuidado, un grano demasiado seco será muy duro de procesar lo que resulta en una disminución del proceso de blanqueado.

FEDEARROZ-60



PANORAMA

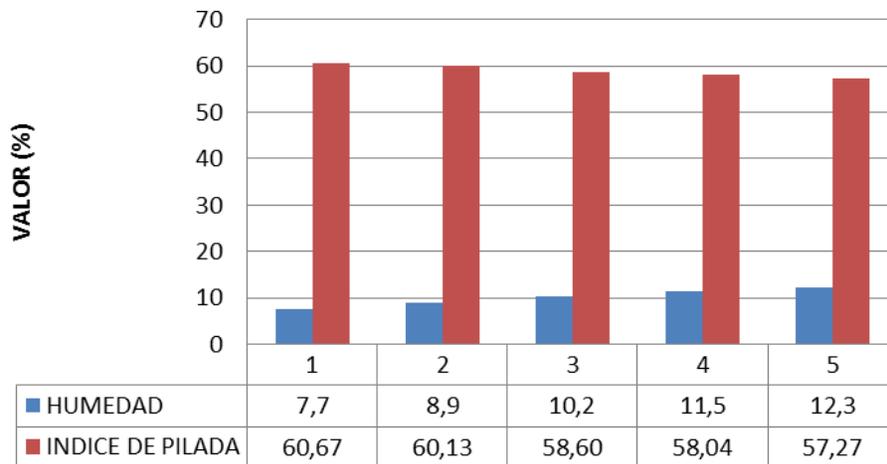


Grafico 2. Comportamiento del índice de pilada para dos variedades de arroz a diferentes contenidos de humedad.

4.3. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PADDY SECO

Luego de identificar los equipos, se procedió a llevar a cabo una inspección durante un periodo de 4 semanas que contempla el aforo de la maquinaria de transporte del producto y un seguimiento sobre el correcto funcionamiento de la maquinaria de procesos.

Tabla 6. Resumen de aforos área de almacenamiento

NOMBRE DEL EQUIPO	PROMEDIO	GR/HORA	TON/HORA	CAPACIDAD INSTALADA EN TON/HORA
Elevador	1,395.9	5,025,060.0	5.0	6
Sinfín llenado bodegas almacenamiento	1,231.1	4,431,780.0	4.4	6
Banda vaciado almacenamiento bodega 1	1,681.1	6,051,924.0	6.1	6
Elevador	1,631.8	5,874,336.0	5.9	6
Banda vaciado almacenamiento bodegas 3 y 4	1,590.0	5,724,000.0	5.7	6
Sinfín vaciado almacenamiento bodega 4	1,667.8	6,004,188.0	6.0	6
Sinfín vaciado almacenamiento bodega 3	1,635.6	5,888,124.0	5.9	6
Elevador vaciado almacenamiento	1,699.0	6,116,292.0	6.1	6

Se encontró que la capacidad general instalada para esta área corresponde a 6 Ton/hora y que los datos obtenidos como capacidad actual están cerca a este valor exceptuando únicamente al sinfín de llenado bodegas de almacenamiento el cual de acuerdo a los datos de la tabla anterior cuenta con una capacidad actual de 4,4 Ton/hora lo que indica que debe ser revisado con el fin de determinar las posibles causas que pueden estar afectando su capacidad.

Se encuentra gran cantidad de arroz en los túneles donde funcionan bandas y tornillos que transportan paddy seco de las baterías a los silos en cemento, donde el arroz es almacenado para lograr su reposo y luego trilla. Estas acumulaciones de arroz en estas áreas producen problemas tales como:

- Contaminación del producto
- Desarrollar focos o criaderos de diferentes plagas
- Sedimentación, deterioro de maquinaria, paredes y pisos
- Difícil acceso a los operarios
- Mal funcionamiento de la maquinaria, entre otros

En general los silos presentan sedimentación de partículas livianas y polución en pisos y paredes.

4.4. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE TRILLA

Luego de identificar los equipos, se procedió a llevar a cabo una inspección durante un periodo de 4 semanas que contempla el aforo de la maquinaria de transporte del producto y un seguimiento sobre el correcto funcionamiento de la maquinaria de procesos.

Tabla 7. Resumen de aforos área de trilla

NOMBRE DEL EQUIPO	PROMEDIO	GR/HORA	TON/HORA	CAPACIDAD INSTALADA EN TON/HORA
Prelimpiadora	1,338.2	4,817,376.0	4.8	5
Elevador	1,313.4	4,728,240.0	4.7	5
Descascarador	759.3	2,733,408.0	2.7	3
Descascarador	713.1	2,567,196.0	2.6	3
Elevador	1,518.5	5,466,420.0	5.5	6
Aventadora	810.8	2,918,988.0	2.9	6
Aventadora	800.0	2,880,144.0	2.9	6
Sinfín	469.5	1,690,056.0	1.7	3
Elevador	1,616.3	5,818,752.0	5.8	6
Mesa densimétrica	1,571.7	5,657,940.0	5.7	6
Elevador	1,113.3	4,007,808.0	4.0	6
Elevador	1,717.6	6,183,216.0	6.2	6
Despedregadora	1,592.8	5,734,080.0	5.7	6
Elevador	1,194.5	4,300,272.0	4.3	6
Pulidor	1,593.2	5,735,376.0	5.7	6
Pulidor	1,450.9	5,223,348.0	5.2	6
Pulidor	1,179.6	4,246,524.0	4.2	6
Elevador	1,646.3	5,926,500.0	5.9	6
Elevador	1,609.7	5,795,064.0	5.8	6
Clasificadora rotativa	1,577.5	5,678,892.0	5.7	6
Clasificadora tipo Trieurs	1,412.9	5,086,512.0	5.1	6
Elevador	1,569.5	5,650,020.0	5.7	6
Elevador auxiliar	1,514.6	5,452,488.0	5.5	6

En la tabla anterior se puede observar que la capacidad general instalada del área de trilla es 6 Ton/hora sin embargo algunos equipos de transporte y algunos de equipos de proceso registraron datos por debajo de su capacidad instalada lo que indica que ciertamente existe un deterioro en sus partes que limita su adecuado funcionamiento.

Además de evaluar la capacidad instalada de los equipos vs la capacidad actual en el área de trilla se evaluó en detalle un proceso de gran importancia en la industrialización del arroz el cual es el proceso de descascarado.

4.4.1. Evaluación del rendimiento del descascarador

El porcentaje de arroz descascarado y grano partido son los parámetros óptimos que indican por excelencia la eficiencia en el descascarado.

Es conveniente recordar que, para un par de rodillos de 250 mm. De largo y diámetro 220 mm. Resulta eficiente todo proceso tal que, sea descascarado el 90% o más de la carga de alimentación de la separadora y con el menor porcentaje posible de partido como producto.

En la Tabla 8 se establece una comparación detallada para tres velocidades de rotación de los rodillos, que involucra las condiciones de operación en relación a la actividad de descascarado para la industria. Los indicadores elegidos son: grado de descascare, porcentaje de arroz partido y tiempo de duración de los rodillos para una carga de alimentación de 38 Bult/hr en la separadora y presión de ajuste entre los rodillos de 45 PSI.

Tabla 8. Rendimiento del descascarador en función de la velocidad de rotación de los rodillos.

VELOCIDAD DE ROTACION		ARROZ	ARROZ	DURACION	REPOSO DE LOS
DE LOS RODILLOS		DESCASCARADO	PARTIDO	DE LOS	RODILLOS
R.P.M.		%	%	RODILLOS	ACUMULADO
				Horas	Horas
921	712	85.4	4.5	115.6	94.8
1026	795	87.4	3.6	110.1	85.7
1187	901	92.1	4.1	109.5	92.6

Los rendimientos en arroz descascarado para las tres velocidades muestran que aplicar velocidades de rotación altas existe la inclinación a obtener altos porcentajes de arroz descascarado.

Los resultados en cuanto a grado de descascare permiten establecer como mejor opción, las velocidades de rotación de 1187 y 901 R.P.M., hubo un 92,1% en arroz descascarado, equivalente a 34,9 Bult/hr, el segundo lugar lo ocupa la velocidad de 1026 y 795 R.P.M. se obtuvo una productividad en arroz descascarado de

87,4% estos es, 33,2 Bult/hr de integral. Por otra parte operar el descascarador con velocidades de 900 y 700 R.P.M. se obtiene solamente un rendimiento de 85,4% es decir 32,4 Bult/hr de arroz descascarado.

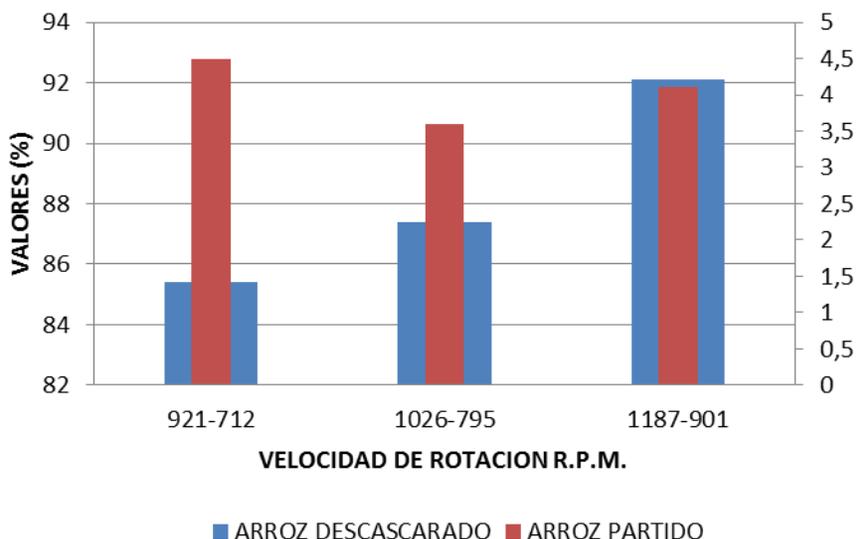


Gráfico 3. Rendimiento del descascarador a diferentes velocidades de rotación en los rodillos.

Hay que resaltar que los porcentaje de arroz descascarado mencionados son datos promedios de la operación normal en el molino. Es decir, hay factores distintos a la velocidad de rotación, alimentación y presión de separación de rodillos que afectan el rendimiento de descascarado como: el tamaño del grano, su contenido de humedad y grado de madurez, además el paralelismo de los rodillos, el aplanamiento de su superficie y el desgaste disparejo de la superficie del rodillo.

Cuando la maquina lleva trabajando un cierto tiempo, el rodillo que gira a mayor velocidad se gasta más que el rodillo que gira lento. Por lo tanto, el diámetro del rodillo rápido se reduce más que el otro, lo que hace que la diferencia de la velocidad periférica de ambos rodillos se vuelva menor aun cuando la diferencia de revoluciones se mantenga correcta, lo que resulta en una disminución de la capacidad del descascarado.

Es importante resaltar según el comportamiento del grano partido obtenido para la carga de operación y las velocidades de rotación que este factor de calidad en el grano para el proceso de descascarado es muy heterogéneo, se puede ver afectado por agentes externos en el grano, tales como practicas inadecuadas en su secamiento y manipuleo, en cuanto a sanidad: granos que hayan estado

expuestos a la acción de los insectos, variedad de arroz y condiciones de cultivo y cosecha. Los valores obtenidos no sobrepasan el 4,5% índice establecido por la industria como margen de aceptabilidad.

En cuanto a los tiempos de duración de los rodillos SATECOL se encontró que a velocidades de rotación de 1187 y 901 la duración de estos es menor si necesariamente se emplearan velocidades en los rodillos de 1026 y 795 y 712 R.P.M. respectivamente. Este comportamiento es debido a que en las velocidades altas de rotación la fricción sobre las envolturas de los granos es mayor, por lo tanto el desgaste es más rápido.

Se debe tener en cuenta que la duración de los rodillos puede variar debido a la calidad de los mismos, por los periodos de reposo que permiten al caucho enfriarse y recobrar la consistencia normal, por la carga de alimentación, la presión de ajuste de los rodillos, el paralelismo absoluto de los rodillos, y la velocidad empleada para el descascarado.

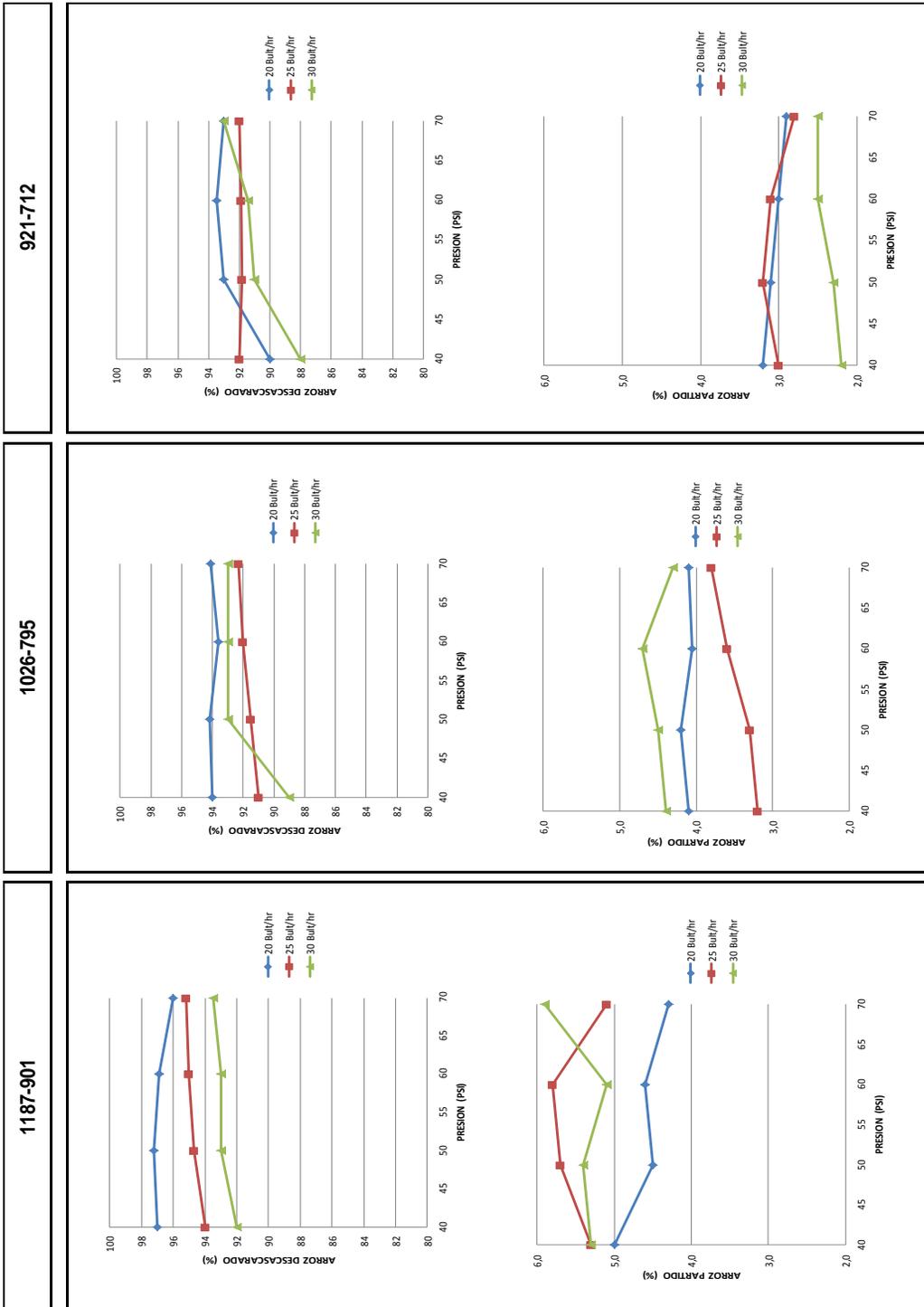


Gráfico 4. Rendimiento del descascarador en función de la presión en rodillos y alimentación

Como se aprecia en la gráfica anterior, el aumento en el número de revoluciones para los rodillos incrementa la eficiencia de descascarado. Sin embargo, si se aplica presiones altas a ajuste de los rodillos para elevar el porcentaje de descascarado el grano partido se aumenta. Es difícil obtener un descascarado completo sin elevar el porcentaje de arroz partido, por lo cual es preferible proceder a un descascarado incompleto con el fin de reducir al mínimo el porcentaje de roturas.

En cuanto a la graduación entre los rodillos, es aconsejable operar la descascaradora a una presión que este entre los 40 y 50 PSI con el fin de evitar recalentamiento y desgaste excesivo de los rodillos causado por el aumento en su temperatura y reducir el porcentaje de roturas.

Se encontró que el aumento del grado de descascare se eleva en proporción inversa a la cantidad de flujo. Si la cantidad de flujo es aumentada el progreso de la acción de descascarado disminuye. Por el contrario si el flujo disminuye, la acción de descascarado aumenta.

4.4.2. Evaluación de equipos luego del descascarado

Analizando este proceso, se encontró poca equivalencia de cargas en el sistema, se recomienda aforar tanto los descascaradores como los pulidores, con el fin de establecer cargas iguales para lograr un mejor funcionamiento

Las separadoras presentan un 7% de arroz integral en el retorno, esto hace que este arroz al regresar a los descascaradores se parta y de esta manera presenta bajos rendimientos en la relación de productividad. Se debe ejercer mayor control de limpieza en esta área, en el suelo, en las patas de los elevadores, transportadores y demás maquinaria del proceso.

En los bajantes que comprenden tuberías de transporte, se encuentran sellos de fibras, costales y otros elementos que afectan el proceso y causan contaminación y desarrollo de plagas.

Algunos los elevadores de canjilones de esta área, presentan motores cuyas revoluciones por minuto son demasiado altas de forma que aceleran el proceso de transporte, disminuyendo significativamente la eficiencia del proceso.

4.5. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE EMPAQUETADO

Luego de identificar los equipos, se procedió a llevar a cabo una inspección durante un periodo de 4 semanas que contempla el aforo de la maquinaria de

transporte del producto y un seguimiento sobre el correcto funcionamiento de la maquinaria de procesos.

Tabla 9. Resumen de aforos área de empaquetado

NOMBRE DEL EQUIPO	PROMEDIO	GR/HORA	TON/HORA	CAPACIDAD INSTALADA EN TON/HORA
Elevador retorno	1,565.0	5,633,964.0	5.6	6
Clasificadora electrónica	1,194.8	4,301,280.0	4.3	6
Elevador	1,513.1	5,447,304.0	5.4	6

Según los datos de la Tabla 9 que la capacidad instalada del área de empaquetado es de 6 Ton/hora y que para este caso la clasificadora electrónica con la que cuenta el molino es de una capacidad muy baja por lo cual los problemas de atasco en esta área corresponden a que cuando desde el área de trilla no se controla una capacidad de acuerdo a la limitante de la clasificación electrónica y se da flujo pleno esta o puede llevar acabo su tarea para todo el flujo y empieza a dejar un remanente de arroz que es el que ocasiona el atasco. Como recomendación se sugiere controlar de manera más eficaz el flujo de entrada en el área de trilla de tal forma que se minimice al máximo este problema mientras se piensa en el cambio de la clasificadora para que sea de 6 Ton/hora o más.

Esta sección se encuentra afectada por acumulación de sedimentos de arroz, polución y otros elementos que están dando origen a focos de infestación. El resto de maquinaria en el proceso se encuentra en buen estado y funcionando normalmente, sin embargo se recomienda que el color de las tolvas de almacenamiento y elevadores de canjilones sea más claro en esta área.

5. CONCLUSIONES

5.1. RECIBO

El funcionamiento de los equipos en esta área está fuertemente afectado por el alto contenido de impurezas con que llega la materia prima, además falta de mantenimiento por parte del operador de las máquinas encargadas de la limpieza; sin embargo los equipos encargados de transporte se encuentran funcionando en su capacidad instalada.

5.2. SECAMIENTO

En la medida que se aumenta el espesor de la capa de grano para un volumen de aire y una temperatura constante se reduce la velocidad de secado incrementando el tiempo y la diferencia de humedad en los extremos de la capa de grano.

El aumento en el espesor de la capa de grano además de elevar la diferencia de humedad en la carga de grano en un silo, causa un proceso de pulimiento poco uniforme. El grano del extremo superior del silo con más alto contenido de humedad tiene menos rigidez para resistir el pilado y es fácil de quebrarse. Por lo tanto, su manejo necesita cuidado. El grano demasiado seco (extremo inferior del silo) será muy duro de procesar lo que resulta en una disminución del porcentaje de blanqueado.

El manejo de grano sucio en el proceso de secado reduce la capacidad efectiva en los silos, se utiliza parte del calor disponible para secar vanos, hojas, tallos, además el flujo de aire se restringe, aumentando el tiempo de secado del producto, consumo de energía y combustible.

5.3. ALMACENAMIENTO

Ciertamente el correcto manejo de la materia prima en el proceso de almacenamiento asegura la calidad del producto antes de ser trillado; es por esto que labores de saneamiento que permitan mantener las condiciones aun durante largos periodos de almacenamiento son importantes en toda planta de producción pues hacer control sobre un lote ya infestado se convierte en un problema realmente costoso para el empresario afectando así los costos fijos operacionales.

La recomendación inicial está orientada a llevar a cabo labores de control en cuanto a insectos, roedores y hongos. Y crear a nivel del personal de la planta un ambiente de colaboración y trabajo en equipo para llevar a cabo estos programas.

5.4. TRILLA

En el área de trilla debe haber especial control sobre las mallas encargadas de hacer separación (limpiadoras y cribas) de tal forma que estas estén libres siempre para llevar a cabo su labor; labores de aseo general en equipos de transporte y la adquisición de un equipo para determinar grado de blancura son recomendaciones en esta área; en cuanto al proceso específicamente estudiado en esta evaluación se puede decir lo siguiente.

Teniendo en cuenta como punto de referencia que no es adecuado exigir a una separadora de paddy un rendimiento superior a 45 kg por hora y por cámara, con contenido mayor a 10 por ciento de paddy en la mezcla (arroz integral y paddy). La velocidad de rotación en los rodillos más apropiada para el descascarado, para obtener 25 Bult/hr de integral y un porcentaje de arroz partido aceptable y una mejor condición de eficiencia en la separación de paddy del integral en la mesa densimétrica corresponde a velocidades de rotación de 1187 R.P.M. en el eje fijo y 901 R.P.M. en el eje basculante.

La duración de un rodillo está muy relacionada con su calidad, periodos de reposo, alimentación entre el eje estacionario y basculante, y presión de ajuste entre rodillos. Para el caso de los rodillos SATECOL combinando las velocidades de descascare 1187 y 901 R.P.M., una presión moderada de 45 PSI y una carga de alimentación en la separadora de 30 Bult/hr, se obtiene una vida útil del rodillo de 109,5 hr, un porcentaje de descascare de 92,1%, y un porcentaje de partido de 4,1%.

El rendimiento de arroz entero para el proceso de descascarado está afectado por agentes externos, tales como: practicas inadecuadas en su secamiento y manipuleo, sanidad de granos, variedad de arroz y condiciones de cultivo y cosecha.

5.5. EMPAQUETADO

El molino arroz horizonte en el momento del estudio no cuenta con máquinas nuevas para el empaquetado de arroz es por esto que la evaluación de esta área se centró únicamente en la clasificación electrónica que se encuentra en esta área. Se observa que existe un inconveniente grande en cuando a clasificación pues la maquina es de una capacidad inferior a la capacidad instalada del área de trillo y por consiguiente genera atascos que impiden llevar a cabo un proceso limpio y sin exposición del grano ya blanco.

La recomendación en cuanto a las practicas futuras de producción en empaquetado de producto terminado está orientada a hermetizar un poco más la

bodega pues esta se encuentra demasiado expuesta y permite el fácil acceso de plagas al producto; esto acompañado de buenas prácticas de manufactura de acuerdo al decreto 3075 de 1997.

6. RECOMENDACIONES

6.1. RECIBO

Es importante llevar a cabo jornadas de aseo que permitan asegurar el buen funcionamiento de los equipos y mantener su eficiencia en el transcurso del tiempo; llevar a cabo un buen control de calidad que permita hacer una buena compra de paddy verde y facilitar de esta forma el proceso de secado y almacenamiento del producto ya seco.

6.1.1. Condiciones para recibir la materia prima

De acuerdo a la evaluación del área de recibo se establecen unas condiciones que se consideran importantes al momento de recibir esta materia prima; antes de ingresar el arroz a la planta, cada viaje procedente de campo debe someterse a un análisis físico en el cual se determinan las condiciones de sanidad, relacionadas con la presencia y el ataque de insectos, de hongos, de contaminantes, malos olores, etc. Con el fin de evitar problemas de calidad durante el proceso de acondicionamiento del grano.

Si el arroz analizado presenta alguna de las siguientes condiciones se rechaza el producto.

- Arroz que aparezca alterado en su color natural, olor, apariencia o estructura como consecuencia: exceso de humedad, calor, ataque de insectos, hongos o cualquier otra causa.
- Arroz con olor diferente del característico del grano normal y que pueda ser causado por plaguicidas, excrementos, orín, fertilizantes, combustibles o cualquier otro producto.
- Granos demasiado verdes o inmaduro, o los granos vaneados o chupados, que por su alta humedad dificultan el secado del grano, fomentan el desarrollo de patógenos que merman la calidad el producto.
- Producto empacado en sacos que hayan contenido abonos, venenos, o semillas tratadas.

6.2. SECAMIENTO

En la parte interna de algunos silos se encuentra ARROZ PADDY en buen estado, el cual debe ser evacuado y evaluado.

La plataforma de las bandas y tornillos transportadores aéreos se encuentran diferentes clases de elementos extraños que pueden ocasionar accidentes. Hay acumulación de sedimentación de polvo y otros elementos.

Es necesario complementar las líneas de vida a las ya existentes. Este complemento consiste en instalar escaleras de acceso a los diferentes silos de secado y de estos a las bandas aéreas, para mayor seguridad.

Evaluar el tejado e identificar goteras que afectan materia prima en proceso, y ocasionan bajos rendimientos y mala calidad.

Se debe efectuar limpieza del producto en la parte interna de tornillo sinfín, en la parte de abajo sobre el chasis de bandas transportadoras y patas de elevadores

6.3. ALMACENAMIENTO

6.3.1. Cuidados a tener en cuenta en la bodega o silos para almacenar paddy seco

Entre los principales daños que ocasionan las plagas al arroz almacenado están

- Merma en peso por consumo del producto infestado
- Contaminación del producto con malos olores y sabores
- Pérdida del valor comercial por su mal aspecto y deterioro
- Crean condiciones favorables para el desarrollo de hongos y micotoxinas en los productos

Para evitar los daños y pérdidas que ocasionan, es importante conocer el enemigo, características, hábitos de vida, biología y complementarlas con el manejo adecuado de los diferentes sistemas de control.

El presente material tiene como objetivo contribuir con aspectos relacionados a la prevención de los daños causados por los insectos haciendo uso adecuado del control químico y de las técnicas de aplicación.

6.3.1.1. Control de plagas

Los métodos más efectivos que permiten controlar y combatir los insectos que infesta los silos y bodega consisten en mantener los lugares lo más limpio que sea posible, esto significa:

- Recolección y eliminación de todo grano, producto de grano, harina y otros materiales de desecho en los cuales se crían los insectos.

- Limpieza de los silos, cuartos de almacén y bodegas, en épocas del año en que se pueden vaciar, dejando en ellos la menor cantidad de material posible.
- Inspeccionar cuidadosamente todos los materiales al ser introducidos para su almacenamiento o proceso
- Los silos se han de mantener suficientemente herméticos para lograr en ellos una fumigación efectiva
- Los productos almacenados se deben mantener secos. El daño por insectos en mayor cuanto mayor sea el contenido de humedad del grano.
- Realizar inspecciones después de cada tratamiento para determinar el grado de efectividad y poder hacer los ajustes que se requieran en la dosificación del producto o proceder a cambiar el tipo de fumigante.

6.3.1.2. Control de roedores

La bodega y los silos destinados para almacenar arroz, deberán estar lo más hermético posible, evitando el agrietamiento, cubriendo los sifones con tapa de huecos pequeños, procurando que las puertas y ventanas cierren lo más justo posible, en fin tratando de hacer difícil la entrada de roedores a estos lugares.

El proceso para un lugar a prueba de ratas es bastante difícil; sin embargo se deben seguir las siguientes normas:

- Obstruir el acceso a los roedores en los puntos más probables de entrada.
- Mantener la bodega lo más limpia posible, evitando los montones de basura, palos, cartones, etc.; los cuales pueden servir de refugio a las ratas y ratones.
- Colocar los sacos sobre plataformas de madera, haciendo arrumes o pilas en una forma ordenada y retirados 5 a 10 cm de las paredes.
- Mantener recipientes de cebo estratégicamente colocados y en número suficiente, en lugares por donde las ratas tengan que caminar, cerca de agujeros o lugares carcomidos.
- Tapar los cebos con alguna tabla, o colocarlos en cajas con agujeros, pues los roedores prefieren comer en sitios cubiertos.
- Mantener cebos permanentemente, ya que la persistencia es la clave del éxito.
- Es conveniente cebar o colocar trampas alejados a los silos y bodegas de almacenamiento, con el objeto de prevenir reinfestaciones
- Si existe una infestación de ratones, es muy aconsejable usar polvos de rastreo, en sitios por los cuales camine. Esto consiste en una mezcla de producto tóxico con un polvo muy fino, que se adhiere a las patas y

cuerpo del ratón y que luego al limpiarse con la boca ingiere el toxico y le causa la muerte.

6.3.1.3. Control de hongos

El contenido de humedad inferior al 13% en el arroz, impide el crecimiento de hongos en casi cualquier circunstancia climática normal; sin embargo se deben seguir las siguientes normas para su control.

- Limpieza del grano después del proceso de secado o antes de depositarlo en los silos elimina las esporas de mohos y de bacterias contenidas en las impurezas.
- Evitar la entrada de agua que caiga del techo de la bodega o silo en la masa de grano.
- Cuando halla carencia de espacio en los silos o bodega para el almacenamiento se debe adecuar un lugar con los pisos totalmente impermeables.

6.4. TRILLA

Esta evaluación se efectuó en cada una de las maquinas que participan en dicho proceso y a continuación se encuentran los resultados.

Zaranda prelimpiadora de paddy seco: se encuentra calzada por impurezas que merman el funcionamiento y pasan un producto con alto porcentaje de las mismas.

Descascaradores: no tienen uniformidad en el descascarado debido a que no hay homogeneidad en la distribución del flujo de carga para cada uno.

Línea de pulimiento: necesita estandarizar el flujo para cada pulidor, teniendo en cuenta la capacidad de la máquina y la producción deseada con excelente calidad.

Se recomienda la revisión interna de estas máquinas para determinar el desgaste en los elementos que comprenden el equipo que con el deterioro continuo merman la capacidad de la máquina y el producto es de menor calidad

Zaranda rotativa: se hace referencia a la que recibe el arroz blanco de los polichadores, esta requiere de mantenimiento, que consiste en bajar las secciones de mallas, para su respectiva limpieza y de esta manera mejorar su funcionamiento.

6.5. EMPAQUETADO

Se recomienda establecer un manual de limpieza y desinfección que permita coordinar exactamente las jornadas de aseo que aseguren la inocuidad del producto; además generar en el personal de dicha área una actitud de buenas prácticas sanitarias incluyendo el adecuado uso de los elementos de protección.

6.6. RECOMENDACIONES PARA TODAS LAS ÁREAS DE PROCESO

- Se deben efectuar jornadas de aseo y fumigación en toda la planta
- efectuar limpieza continua en los elevadores, cárcamos, bandas transportadoras, tornillos sinfín, tolvas, mallas, zarandas y en general a toda la maquinaria que participa en el proceso
- Realizar fumigación y termo nebulización continua, de acuerdo a la necesidad, teniendo en cuenta el estado de plaga a controlar y el químico a utilizar.
- Efectuar engrase a todos los rodamientos en funcionamiento y los que no, también.
- Revisar bases, anclajes y todo tipo de seguridad, para evitar desajustes en las maquinas.
- Es de gran valor la revisión de los registros de producción en todo el proceso, por parte de los directivos de la empresa.
- Se debe considerar el desmonte de la maquinaria que no está en funcionamiento ya que se deteriora por falta de uso, además sirve como foco de infestación para diferentes clases de plagas
- En la sección de trilla se recomienda reemplazar las tuberías bajantes y o las ya existentes que se encuentran en un alto porcentaje de deterioro.

BIBLIOGRAFÍA

ANGLADETTE, Andre. El arroz. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona:Blume, 1969. 508 p.

Berganza, J.C. 2009. Análisis de operaciones en el proceso de producción de arroz y programa de mantenimiento de las maquinarias utilizadas en la producción del mismo, en el beneficio. Tesis de grado. Guatemala. 124 p.

Cala, R., Ramírez, D., Riera, M. 2007. Secado de arroz en un reactor de lecho fluidizado pulsante. La Habana, Cuba. 5 p.

CASTILLO Niño, Álvaro. Almacenamiento de granos: Aspectos técnicos y económicos. 2 ed. Bogotá: EDIAGRO, 1984. 373 p.

Castillo Niño, Álvaro. Molinería de arroz. Tomo 2. Bogotá: EDIAGRO, 2007. 308 p.

Cubillos, A., Barreo, O. 2010. Diseño e implementación de una estrategia de control predictivo para el secado de arroz paddy. Medellín, Colombia. Pp. 76-86.

Díaz, E., García, E., Pérez, G., Martínez, A. 2009. Estudio del estado actual de las máquinas trilladoras destinadas a la producción popular de. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 18, Núm. 4, 2009, Pp. 28-32 Universidad Agraria de La Habana Cuba arroz en Cuba.

GAVIRIA Londoño, Jaime. Control de Calidad de granos. EDIAGRO. Bogotá: Presencia, 1989. 200 p.

KURT, Fisher. El molino de arroz: Manual de enseñanza practica de elaboración de arroz. Guayaquil: Royal Print, 1959. 137 p.

Llanes, E.A. 2009. Comportamiento de los índices de consumo energético en la industria arrocera en la provincia cubana de Granma Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 18, núm. 1, Pp. 76-81.

Norma Icontec 476. Alimentos para animales. Productos y subproductos del arroz. 1989.

Norma Icontec 671. Arroz elaborado (blanco) para consumo. 2001

Schmidt, J.L., Jebe, E.H. 1959. The efect of artificial drying on the yield of head rice and germination of rice. Trans. ASAE,2. Pp 26-31.

Stermer, R.A. 1968. Environmental conditions and stress cracks in milled Rice. Florida, EEUU. Pp. 911.

ANEXOS

Anexo 1. Formato toma de datos

Maquina	Numero de aforo										Promedio	gr/hora	ton/hora
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
MR BAT 01													
MR ECA 01													
MR PREG 01													
MR ECA 02													
MR BAT 02													
MR ECA 03													
MR TSF 01													
MS BAT 01													
MS TSF 01													
MS TSF 02													
MS BAT 02													
MS BAT 03													
MA ECA 01													
MA TSF 01													
MA BAT 01													
MA ECA 02													
MA BAT 02													
MA TSF 02													
MA TSF 03													
MA ECA 03													
MM PRE 01													
MM ECA 01													
MM DEC 01													
MM DEC 02													
MM ECA 02													
MM AVT 01													
MM AVT 02													
MM TSF 01													
MM ECA 03													
MM MED 01													
MM ECA 04													
MM ECA 05													
MM DEP 01													
MM ECA 06													
MM PUL 01													
MM PUL 02													
MM PUL 03													
MM ECA 07													
MM ECA 08													
MM CLR 01													
MM CLT 01													
MM ECA 09													
MM ECA 10													
ME ECA 01													
ME CLE 01													
ME ECA 02													

Anexo 2. Fotografías de equipos de laboratorio



Determinador de Humedad



Descascarador de arroz



Balanza electrónica



Limpiadora de Impurezas



Pulidor de arroz



Secadora de muestras de ocho bandejas