

## **TRABAJO FIN DE MASTER**

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

# **MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGIA SIX SIGMA**

**Alumno: Sara Milagros del Pilar Perez Davila**

**Tutor: Eduardo Pilkington Gonzalez**

Madrid, 2023



## **TRABAJO FIN DE MASTER**

# **MEJORA DE LA CALIDAD EN EL PRODUCTO FINAL DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO MEDIANTE LA METODOLOGIA SIX SIGMA**

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

**Alumno: Sara Milagros del Pilar Perez Davila**

**TUTOR: Eduardo Pilkington Gonzalez**

Madrid, 2023



---

**ÍNDICE**

1	RESUMEN / ABSTRACT .....	7
2	INTRODUCCIÓN.....	9
3	DESARROLLO DEL PROBLEMA.....	10
4	FORMULACION DEL PROBLEMA .....	10
5	JUSTIFICACION.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6	ALCANCE .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7	OBJETIVOS.....	12
7.1	Objetivos especificos .....	12
8.-	ANTECEDENTES.....	13
9.-	BASE TEORICA .....	15
9.1.-	Características generales del arroz .....	15
9.2.-	Composicion quimica-----	15
9.3.-	Principales regiones productoras-----	18
9.4.-	Variedades del arroz-----	18
9.5.-	Tipos del arroz-----	19
9.6.-	Proceso de pilado-----	20
9.6.1.-	Recepción de materia prima-----	20
9.6.2.-	Almacenamiento de materia prima-----	20
9.6.3.-	Prelimpia-----	20
9.6.4.-	Descascarado-----	20
9.6.5.-	Separación gravimétrica-----	21
9.6.6.-	Despedregado-----	21
9.6.7.-	Pulido por abrasión .....	21
9.6.8.-	Pulido por fricción-----	21
9.6.9.-	Clasificación por tamaño-----	21
9.6.10.-	Selecion por color-----	22
9.6.11.-	Envasado-----	22
9.6.12.-	Almacenamiento-----	22
9.7.-	Añejamiento-----	23
9.8.-	Características del añejado-----	24
9.9.-	Mecanismos del añejamiento del arroz-----	25
9.10.-	Envejecimiento natural del arroz-----	25
9.11.-	Añejamiento artificial del arroz-----	26
9.12.-	Descripción de parámetros físicos de materia prima-----	27
9.12.1.-	Humedad-----	27
9.12.2.-	Blancura-----	27
9.12.3.-	Granos trizados-----	28
9.12.4.-	Granos quebrados-----	28
9.12.5.-	Deslizamiento-----	28
9.12.6.-	Reposo en cascara-----	28
9.12.7.-	Variedad-----	29

9.13.-Descripción de parámetros físicos del producto terminado-----	29
9.13.1.-Humedad-----	29
9.13.2.-Blancura-----	29
9.13.3.-Granos cuarteados-----	29
9.13.4.-Granos trizados-----	30
9.13.5.-Mancha-----	30
9.13.6.- Deslizamiento-----	30
9.13.7.- Pegoteo-----	30
9.13.8.- Color-----	30
9.13.9.- Textura-----	30
9.13.10.- Rendimiento-----	31
9.14.-Propiedades de cocción-----	31
9.14.1.-Absorción del agua-----	31
9.14.2.-Elongación del arroz-----	31
9.15.- Condiciones óptimas del proceso de añejamiento-----	32
9.15.1.- Humedad-----	32
9.15.2.-Blancura-----	32
9.15.3.-Deslizamiento-----	32
9.15.4.-Tiempos de reposo-----	32
9.15.5.-Temperatura-----	32
9.15.6.-Velocidades-----	33
9.15.7.- Humedad relativa del ambiente-----	33
9.16.-Procedimiento del añejamiento artificial-----	34
10.-Materiales y métodos-----	35
10.1.-Población y muestra-----	35
10.2.-Materiales-----	35
10.3.-Equipos-----	35
11 METODOLOGÍA .....	37
11.1.- Desarrollo de la metodología-----	40
11.1.1.- Definir .....	40
11.1.2.- Medir.....	45
11.1.3.- Analizar .....	52
11.1.4.-Mejorar-----	54
11.1.5.-Controlar-----	58
12 RESULTADOS.....	59
13 DISCUSIÓN.....	61
14 CONCLUSIONES .....	63
15 RECOMENDACIONES.....	64
16 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	65
17 BIBLIOGRAFÍA.....	66

# 1 RESUMEN / ABSTRACT

## Resumen

Con el desarrollo de la tecnología y los avances de la ciencia , las exigencias del mercado son cada vez mayor , por esta razón es necesario que las empresas utilice y apliquen métodos que garanticen la mejora de los proceso de fabricación, tal es el caso de la metodología Six Sigma, el cual tiene como principio reducir la variabilidad de los procesos eliminando los defectos y haciendo análisis de los proceso , en este estudio de investigación tiene como objetivo mejorar los niveles de calidad el producto final después del proceso de añejamiento , disminuyendo la variabilidad de sus procesos , todo ello mediante la evaluación de la relación de variables como la humedad sobre la influencia con la mancha después de proceso de añejamiento , y la relación entre la humedad y los granos cuarteados , al concluir el estudio se encontró una relación directamente proporcional entre la humedad-mancha y humedad-granos cuarteados, mientras mayor son los niveles de humedad mayor serán los porcentajes de mancha y granos cuarteados , así mismo se analizan las causas raíz del problema , se realiza la valoración y análisis los riesgos , se plantea estrategias de mejora y se realizan controles de calidad mediante el diseño de cuadro de mandos de control, todo ello para garantizar la eficiencia en el desarrollo del proceso de añejamiento , mejorando la calidad del producto , disminuyendo los costos de producción, lo cual ayudara al crecimiento y desarrollo de la organización.

---

## **Abstract**

With the development of technology and advances in science, the demands of the market are increasing, for this reason it is necessary for companies to use and apply methods that guarantee the improvement of manufacturing processes, such is the case of Six Sigma methodology, whose principle is to reduce the variability of the processes by eliminating defects and analyzing the processes, in this research study the objective is to improve the quality levels of the final product after the aging process, reducing the variability of its processes, all by evaluating the relationship of variables such as humidity on the influence with the stain after the aging process, and the relationship between humidity and cracked grains, at the end of the study a directly proportional relationship was found. between humidity-stain and humidity-cracked grains, the higher the humidity levels, the greater the percentages of stain and cracked grains will be, likewise the root causes of the problem are analyzed, the risk assessment and analysis is carried out, strategies are proposed of improvement and quality controls are carried out through the design of a control panel, all of this to guarantee efficiency in the development of the aging process, improving the quality of the product, reducing production costs, which will help growth and organization development.

---

## 2 INTRODUCCIÓN

El consumo de arroz ha incrementado al pasar de los años, actualmente el arroz es el cereal más consumido en el mundo, dentro de los países de Latinoamérica, Perú es uno de los más grandes consumidores de este cereal, siendo el consumo actual de 3 kilos 950 gramos de consumo per cápita mensual; con el desarrollo de la tecnología y los avances de la ciencia, se han creado hornos industriales llamados añejadoras artificiales, con el fin de poder mejorar las propiedades organolépticas del arroz, la industria molinera ha adquirido estos tipos de maquinarias en los últimos años con el objetivo de poder mejorar la calidad de sus productos y ser cada vez más competitivos; en la empresa Molino Centroamérica SAC, existe gran variabilidad con respecto a la calidad del producto final, en el presente trabajo de investigación, a través de metodología de Six sigma se identificara las razones de dicha variabilidad, se consideraran la medición de variables como la humedad, mancha y cuarteado, las cuales serán estudiadas para encontrar su relación, así mismo se plantearan estrategias, las cuales serán aplicadas para garantizar el incremento en la eficiencia y calidad del producto final de dicha empresa, siendo una línea base para la optimización del proceso de añejamiento, lo cual servirá como fuente de información para las futuras investigaciones.

---

### **3.-DESARROLLO DEL PROBLEMA**

La empresa la cual llamaremos Molino Centroamérica SAC. cuenta con 9 máquinas añejadoras, las cuales brindan productos de distintas calidades, lo que genera gran variabilidad en el control de sus parámetros físicos, en cuanto a la mancha originada por el proceso de añejamiento y los granos cuarteados.

Durante el proceso de añejamiento, se eligen materia prima en óptimas condiciones, la humedad es la variable más importante a tomar en cuenta para asegurar el éxito del proceso de añejamiento, en este estudio se trabajará con la variedad valor, se realizarán procesos de añejamiento entre 77-78 C y se registran los datos de humedad del arroz listo para ser ingresado al proceso de añejamiento. Al terminar el proceso de añejamiento se registran parámetros físicos del producto final, tales como tiza parcial, tiza total, granos rojos, mancha, granos cuarteados y granos trizados, la formación de mancha y granos cuarteados son defectos propios del proceso de añejamiento y es considerada como un subproducto, en esta investigación serán registrados datos de humedad, mancha, granos cuarteados, para encontrar la relación entre humedad -mancha, humedad-granos cuarteados.

Mediante la evaluación durante tres meses, se registran datos de parámetros físicos, siendo esto los más importantes humedad, mancha y cuarteado del producto final. Estas variables serán medidas, analizadas y estudiadas, con el propósito de encontrar una de las razones del porqué de la desviación en la calidad representada por los parámetros físicos del producto final, encontrando el origen del problema se podrán plantar medidas de solución para afrontarlo.

### **4.-FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Los diversos niveles de humedad del arroz ya pilado, está relacionada con la formación de mancha y granos cuarteado, observados después del proceso de añejamiento, originando desviación en la calidad de producto final y con ello elevando los costos de producción al retirar el exceso de mancha y granos cuarteado del producto final.

---

## **5.-JUSTIFICACION**

Los costos de producción son determinantes en el valor del precio de venta del producto a desarrollar , este valor permitirá desarrollar estrategias de ventas como ofertas , promociones etc , el incremento de los defectos después del proceso de añejamiento originara que el producto pase por un proceso de selección y mientras sean mayores los niveles de defecto en el producto, mayor será la formación de sacos de subproductos , en este caso llamado rechazo , lo cual incrementara los costos de producción , así mismo repercutirá en el desarrollo comercial del producto; la formación de la mancha es propia del proceso de añejamiento como resultado de la falta de control del proceso y la mala elección de materia prima, controlando de forma eficiente el proceso y seleccionando un adecuado materia prima se lograra disminuir los niveles de defecto , en cuanto a la mancha.

La formación de los granos cuarteados son originados por el proceso térmico al cual está sometido el grano de arroz , en este caso por el proceso de añejamiento , los granos cuarteado son considerado como parte de los defectos del producto final , estos granos repercuten en la calidad de la cocción , ya que por ser granos débiles , con fisuras internas , tienden a resistir menos cantidad de agua , por lo cual , cuando son sometidos a las pruebas de cocción , muestran una mala apariencia y se pueden observar cómo los granos se quiebran , lo que repercute en la calidad del producto final; al encontrar las razones de la formación de los granos cuarteados, se podrán diseñar estrategias para dar solución a este problema, así mismo se estaría mejorando en la calidad del producto final , lo cual lo convertirá en un producto altamente competitivo en el mercado actual.

## **6.-ALCANCE**

El presente trabajo de investigación será realizado en la empresa Molino Centroamérica SAC, específicamente en el área de producción y añejamiento.

---

## **7.-OBJETIVOS**

Mejorar la calidad en el producto final, después del proceso de añejamiento, estudiando la relación de variables tales como; humedad, mancha y granos cuarteados, lo cual permitirá que se planteen estrategias de mejora, evitando los sobrecostos en producción.

### **7.1.-Objetivos específicos**

Encontrar la correlación de la humedad del arroz ya pilado y la formación de la mancha después del proceso de añejamiento, planteando estrategias de mejora y evitando sobrecostos de producción.

Encontrar la correlación de la humedad del arroz ya pilado y la formación de granos cuarteados después del proceso de añejamiento, asegurando una buena calidad en el producto final.

---

## 8.-ANTECEDENTES

- Aguirre (2011), en su investigación titulada “Diseño e implementación de un horno automático de secado y envejecido de arroz para la procesadora PROYELEC INGENIERÍAS. FASE I” señala que el principal problema se basa en el proceso de envejecimiento y en el secado de arroz, ya que es un proceso antiguo y se realizaban de forma manual. Por ello, el objetivo general consiste en “Diseñar e implementar un horno automático de secado y envejecido de arroz para la procesadora PROYELEC INGENIERÍAS. FASE I”. Además, la metodología que empleó fue el análisis de la materia prima para poder determinar el % de humedad, las características del proceso de secado y envejecimiento. Teniendo como principal resultado que el arroz debe de estar en el rango de 20-22% de humedad para que pueda ingresar al proceso de secado y mantener una temperatura de 45 a 50°C. Por otro lado, para el proceso de añejamiento el arroz debe de tener 14-16% de humedad y a una temperatura de 120°C. Finalmente, concluye que, en la implementación y diseño del horno automático, la máxima temperatura que puede alcanzar el horno es de 107°C, además tiene fácil mantenimiento y el tiempo de demora de los procesos dependerá de la cantidad de arroz que se ingrese. Con respecto al aporte de esta investigación, se considera el % de humedad y los °C de temperatura que se utilizan en el horno de envejecimiento de arroz

- Edward Issac Becerra Gil (Peru-2022), en su investigación titulada “Propuesta de un sistema de control de temperatura en el proceso de añejado para mejorar las características del arroz”, señala que , El Molino del Agricultor SAC, se dedica al pilado y añejado de arroz de distintas calidades para los diferentes tipos de arroz que se produce en la región Lambayeque. Actualmente presenta un problema en las características del arroz añejado debido a la variabilidad de temperatura que ocurre en el proceso de añejado. Se realizó un diagnóstico de la situación actual del molino, identificando una eficiencia de 94.6%. El 5.4 % restante equivale a 30 723 kg, que están representados en la cantidad de kg reducidos por el proceso de añejado y los subproductos obtenidos. Además, se tiene un total S/ 218,640.00 referente a los ingresos no percibidos. Se diseñó un sistema de control de temperatura en el proceso de añejado, donde se logró aumentar la producción a 544 900,42 kg de arroz añejado y la eficiencia en un 95.7%. Además, se obtuvo una mejora del proceso de 57,14% que se ve reflejado en la reducción de la cantidad de subproductos de 2733 a 1164, teniendo un total de 1569 sacos que son vendidos como arroz añejo. Mediante el análisis de costo beneficio, se calculó la inversión de la propuesta, teniendo un costo total del sistema de S/ 121,871.54, el VAN de S/ 270,186.13, un TIR del 96%, y un beneficio de S/ 1.11 por cada sol invertido y un período de recuperación de 1 año con 2 días.

---

-Cruz Diana Petronila Mondragon (Peru-2019), en su investigación “Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Añejamiento Artificial de Arroz, Sobre Sus Características fisicoquímicas” tiene como objetivo evaluar el efecto de la Temperatura y el Tiempo en el proceso de añejamiento de arroz sobre sus características Fisicoquímicas, realizado en la empresa MOLINERA DEL CENTRO S.R.L., se ha elegido trabajar con arroz tipo NIR, por ser propio de la región. Nuestra investigación se basa en la comparación de tres muestras (arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial en las cuales se han realizado tres diferentes pruebas que son absorción de agua, elongación del grano de arroz y pérdida de sólidos solubles, dichas pruebas se han realizado en diferentes tiempos (10 h, 16 h y 22 h) y diferentes temperaturas (65°C, 75°C y 85°C) Con esta investigación se ha concluido el procedimiento de verificación que conlleva al monitoreo necesario para poner el proceso bajo control en temperatura y evitar desviaciones fuera de los límites establecidos en cada etapa del proceso de añejamiento artificial.

-García Niquén, Gianfranco Celino (Peru-2019), en su investigación Mejora de la calidad del arroz pilado a través de la optimización de procesos, usando la metodología six sigma en la empresa Molino & Cia Semper SAC Lambayeque, tiene como finalidad lograr la optimización de la calidad del producto de arroz pilado. Para lograr establecer la propuesta se utilizó un método de investigación de tipo Aplicada – Descriptiva enfocando el problema en un determinado contexto. Además, el diseño de la investigación se estableció como No Experimental, estudiando nuestras variables para resolver el fenómeno de estudio. Se establece a través de los resultados cuales son las causas que originan el problema a través del estudio de los procesos, procedimientos, maquinarias entre otras, con la finalidad de determinar que uno de los problemas centrales es el proceso de secado, en donde se obtiene inicialmente el valor del producto de arroz pilado. Concluyendo la investigación con la realización de un diagnóstico de control de fallas, y el reconocimiento del proceso de secado, logrando reducir el proceso de secado de un 14% a un 10% 13%, además de un ahorro costo –beneficio de maquinarias con un valor residual de S/. 285.00 soles, por tanto, se dice que un mal proceso de levantar la humedad en forma inadecuada puede perjudicar la calidad y el rendimiento del producto, promoviendo el alto índice de presencia de producto defectuoso. Por lo tanto, la aplicación de la propuesta de la implementación de la metodología Six Sigma ayudó a incrementar la cantidad de producto entero (arroz).

---

## 9.-BASE TEORICA

### 9.1.- Características generales del arroz

La variación de las medidas de los tallos de las plantas de arroz oscila entre 0,6 y 1,8 metros de altura. Los tallos terminan en una inflorescencia, una panícula de 20 a 30 cm de largo. Cada panícula se compone de entre 50 y 300 flores o espiguillas, a partir de las cuales se formarán los granos: el fruto obtenido es un cariopsis. El grano de arroz es un fruto de la planta del arroz (*Oryza sativa* L.), herbácea anual de la familia de las gramíneas. El arroz es una de los cereales más consumidos a nivel mundial. Este cereal puede ser cultivado en cualquier parte del mundo, su mayor desarrollo se encuentra en Asia, puede ser sembrado en climas cálidos y húmedos. Tiene una forma ovoide, aplanada, su color varío de amarillo a café translucido. Su clasificación científica indica que pertenece al reino: Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Liliopsida, orden: Poales, familia: Poaceae, género: *Oryza*, especie: *O. sativa*, nombre binomial: *Oryza sativa* L.

### 9.2.-Composición química

El salvado está formado por el máximo contenido energético y proteico y la cáscara representa le mínimo contenido energético, la cascarilla es usado como un insumo para la combustión de los hornos de las secadoras industriales, la cascarilla se considera un 20% del total de la composición del grano de arroz. En la tabla 1, se muestra la composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones, siendo calculados con un 14% de humedad. En la tabla 2, se muestra el contenido de vitaminas y minerales. Las vitaminas del grupo B se concentran en las capas de salvado al igual que el  $\alpha$ -tocoferol (Vit. E) y fósforo, como se puede ver el arroz procesado pierde gran contenido de riboflavina (Vit.B2) llevándose la mayor parte el salvado de arroz. En la tabla 2, el salvado de arroz es el que tiene más vitaminas y el arroz procesado es el que se queda con la menor cantidad de los mismos. En relación a los minerales, el mayor contenido lo constituye el fósforo, la mayor parte queda contenido en el salvado, quedando poco contenido en el arroz procesado. Con respecto al calcio, la mayor cantidad se queda en la cascarilla del arroz. En la tabla 3, se puede observar el contenido de aminoácidos, donde se puede observar un alto contenido de Leucina, Fenilalanina + Tirosina, y Valina; dentro de estas fracciones las que presentan menores valores son el salvado de arroz, cáscara de arroz y arroz procesado respectivamente.

fracciones	Proteína cruda (Gn°5,95)	Grasa cruda (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza cruda (g)	Carbohidratos presentes (g)	Energía (Kcal)	Densida d (g/ml)
Arroz con cáscara	5,8-7,7	1,5-2,3	7,2-10,4	2,9-5,2	64-73	378	1,17- 1,23
Arroz integral	7,1-8,3	1,6-2,8	0,6-1,0	1,0-1,5	73,0-87,0	363-385	1,31
Arroz elaborado	6,3-7,1	0,3-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8	77,0-89,0	349-373	1,44- 1,46
*salvado de arroz	11,3-14,9	15,0- 19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34,0-62,0	399-476	1,16- 1,29
**cáscara de arroz	2,0-2,8	0,3-0,8	34,5-45,9	13,2-21,0	22,0-34,0	265-532	0,67- 0,74

Tabla 1. Composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad

\*Salvado de arroz: se refiere a las capas de pericarpio, tegumento y aleurona, mencionada en el estudio como pulido. \*\* Cáscara de arroz incluye a las capas externas de grano que son la patea y el lema

fracciones	Tiamina (vit. B1) (mg)	Riboflavina (vit. B2 ) (mg)	Niacina (mg)	$\alpha$ - Tocofer ol (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Fósforo (g)
Arroz con cáscara	0,26-0,33	0,06-0,11	2,9-5,6	0,9-2,0	10,0-80,0	1,4-6,0	1,7-3,1	0,17-0,39
Arroz integral	0,29-0,61	0,04-0,14	3,5-5,3	0,9-2,5	10,0-50,0	0,2-5,2	0,6-2,8	0,17-0,43
Arroz elaborado	0,02-0,11	0,02-0,06	1,3-2,4	0,0-0,3	10,0-30,0	0,2-2,8	0,6-2,3	0,08-0,15
*Salvado de arroz	1,20-2,40	0,18-0,43	26,7-49,9	2,6-13,3	30,0-120,0	8,6-43,0	4,3-25,8	1,1-2,5
**Cáscara de arroz	0,09-0,21	0,05-0,07	1,6-4,2	0	60,0-130,0	3,9-9,5	0,9-4,0	0,03-0,07

Tabla 2. Contenido de Vitaminas y minerales del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad

fracciones	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina + Cisteína	Fenilalanina + Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina
<b>Arroz con cáscara</b>	1,5-2,8	3,0-4,8	6,9-8,8	3,2-4,7	4,5-6,2	9,3-10,8	3,0-4,5	3,0-4,5	4,6-7,0
<b>Arroz integral</b>	2,3-2,5	3,4-4,4	7,9-8,5	3,7-4,1	4,4-4,6	8,6-9,3	3,7-3,8	3,7-3,8	4,8-6,3
<b>Arroz elaborado</b>	2,2-2,6	3,5-4,6	8,0-8,2	3,2-4,0	4,3-5,0	9,3-10,4	3,5-3,7	3,5-3,7	4,7-6,5
<b>*Salvado de arroz</b>	2,7-3,3	2,7-4,1	6,9-7,6	4,8-5,4	4,2-4,8	7,7-8,0	3,8-4,2	3,8-4,2	4,9-6,0
<b>**Cáscara de arroz</b>	1,6-2,0	3,2-4,0	8,0-8,2	3,8-5,4	3,5-3,7	6,6-7,3	4,2-5,0	4,2-5,0	5,5-7,5

Tabla 3. Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

---

### 9.3.-Principales Regiones Productoras:

A nivel nacional hay 70741 productores de arroz. Así mismo Piura (como se observa en la tabla 4) concentra el mayor número de productores (19066 productores) seguido de San Martín (10535 productores) y de Loreto (10367 productores). Estas 3 regiones concentran el 57 % de productores a nivel nacional.

Región	N° Productores	Participación
Piura	19066	27,06 %
San Martín	10535	19,95 %
Loreto	10367	14,71 %
Cajamarca	4769	6,77 %
Ucayali	4463	6,33 %
Arequipa	3634	5,16 %
Amazonas.	3360	4,77 %
Huánuco	3247	4,61 %
La Libertad	2856	4,05 %
Tumbes	1797	2,55 %
Lambayeque	1795	2,55 %
Madre de Dios	1588	2,25 %
Pasco	1237	1,76 %
Ancash	905	1,28 %
Junín	411	0,58 %
Cuzco	387	0,55 %
Puno	33	0,05 %
Ayacucho	19	0,03 %
Lima	2	0,00 %
<b>Total general</b>	<b>70471</b>	<b>100 %</b>

Tabla 4. Productores de arroz cáscara. Fuente: INEI-2018

### 9.4.-Variedades de arroz:

Existen muchas variedades que son sembradas en todo el país, cada variedad se diferencia por el color de la cascara, la forma de los granos, el tamaño del grano, los niveles de cocción, cantidad de manchas que se forman; cabe resaltar que el comportamiento de las variedades se ven influenciadas por la zona en la cual se siembran, por ejemplo en la selva es normal encontrar la variedad ,valor, con mayor cantidad de mancha en comparación de las variedades de la costa, esto debido a las altas temperaturas y las intensas lluvias que son propias de esta zona del país , todo ello son factores que originan el incremento de mancha en esta variedad.

Así mismo según los parámetros físicos en el mercado podemos encontrar tres tipos de calidades, el arroz extra el cual está formado por 4% de quebrado y 3% de defecto; encontramos el arroz superior que tiene entre 10% y 15% de quebrado con 5% de defecto y finalmente el arroz corriente que puede llegar a tener hasta 25% de quebrado.

Actualmente las variedades más usadas en la industria molinera son, tinajones, valor como variedades principales; grano nir ,feron , capoteña , puntilla, galán, como variedades secundarias. A continuación, las diferentes variedades en las diferentes regiones:

#### VARIEDADES DEL ARROZ SEGÚN ZONA

Variedad	Zona
Nir	Lambayeque
Tinajones	Lambayeque
mallares	Lambayeque
Esperanza	selva
Plaza	selva
Victoria	selva
Ferón	selva
Pitipo	Selva

Tabla N°5: Variedades de arroz según zona. Fuente: INEI-2018

#### 9.5-Tipos de arroz:

Los tipos de arroz son, el arroz fresco que es un arroz pilado y el arroz añejado, el cual pasa por el proceso de añejamiento.

-Arroz fresco: Es el arroz que es pilado después de haber pasado por el proceso de secado. Es un arroz de color blanco que no tiene altos niveles de cocción, carece de rendimiento y graneado, todo ello depende de la variedad.

-Arroz añejo o envejecido: este tipo de arroz se obtiene por dos métodos, el primero es añejamiento de forma natural , el cual el arroz después de ser secado se almacena aun con su cascara , dando condiciones óptimas para que el almacenamiento se desarrolle de forma eficiente y después de un año se pila ; el segundo método es que el arroz fresco pase por un proceso de añejamiento por medio de añejadoras industriales, las cuales después de un proceso de 48 horas se obtiene un arroz añejo con un color cremoso y olor característico.

---

## **9.6.-Proceso de pilado**

Este proceso es el que actualmente se desarrolla en Molino Centroamérica SAC.

### **9.6.1. Recepción de Materia Prima:**

La materia prima que ingresa es decepcionada por el área de secado, las cuales pueden ser de los clientes que se les brinda el servicio de pilado o el arroz que es comprado por el molino, siendo el jefe del área de Acopio el responsable de la compra, previo a ello se ha evaluado la proyección del costo del lote para reconocer su rentabilidad. La materia prima es trasladada en sacos de 75-85 kg aproximadamente, cada lote que ingresa, es codificado, pesado, y se le realizan análisis físicos como la humedad de ingreso.

### **9.6.2. Almacenamiento de Materia Prima:**

El arroz una vez secado con la humedad de cascara entre 13% y 14% , es almacenado en sacas de 1250kg cada una, se arruman una encima de otra , hasta que le corresponda el turno de pilado , cabe resaltar que existe una programación de fumigación para evitar la proliferación de gorgojos y polillas ,trabajo a cargo del área de control de calidad, las sacas son puestas sobre parihuelas , bajo techo y a temperatura ambiente.

### **9.6.3. Pre limpia**

Esta operación tiene como objetivo la limpieza del grano de arroz, retirando todo material extraño que llega junto con el arroz cascara desde las chacras como paja, polvo, piedras mayor que los granos de arroz, metales, vidrios, palotes, etc; todo ello con la ayuda de una zaranda con 3 mallas perforadoras que se diferencian por las medidas de los agujeros que contiene cada malla, las cuales van a retener las impurezas.

### **9.6.4. Descascarado**

Para esta operación se diseñaron dos líneas de trabajo, cada línea cuenta con una descascaradora industrial las cuales esta formadas por dos rodillos giratorios opuestos de velocidad constante, las cuales por presión generan la extrusión de los granos de arroz para retirar la cascarilla, teniendo como resultado el arroz integral (arroz sin cascarilla), el cual pasa por un elevador hacia otra operación y la cascarilla mediante un ventilador es retirada a una zona externa de la planta.

---

### **9.6. 5. Separación Gravimétrica**

Esta operación se da con la ayuda de una mesa separadora de paddy; el principio de funcionamiento de este equipo, es la separación del grano por diferencias de peso por unidad de grano, siendo el más pesado aquel que contiene cáscara (el 10%, no descascarado), el cual mediante una línea de retorno regresa hacia las descascaradoras.

### **9.6.6. Despedregado**

La función principal de esta operación es retirar las piedras que son más pequeñas en comparación a los granos de arroz, la máquina cuenta con una malla por donde circula el arroz y mediante una inyección de aire el arroz por presentar menos peso que las piedras se mantiene flotando por encima de la malla dejando las piedras en la malla y por la inclinación y vibración de la maquina son eliminadas hacia la parte externa.

### **9.6.7. Pulido por Abrasión**

Esta operación realizada con la ayuda de dos pulidoras las cuales contienen 4 piedras abrasivas ordenadas en dos líneas horizontales cubiertas por cribas que ejercen una presión para separar el salvado o polvillo (película oscura que cubre al arroz integral) del grano de arroz integral, teniendo dos productos el grano blanco y el polvillo, este último pasa por otra línea es retirado a una parte externa de la planta.

### **9.6.8. Pulido por Fricción**

En esta operación se realiza la remoción de exceso de harina por fricción con la ayuda de pulidoras horizontales, conocidas también como pulidoras de agua, las cuales trabajan con agua atomizada con el objetivo de ejercer ablandamiento sobre el salvado que aún no ha sido removido, el agua a usar debe tener entre de 1-1,5 ppm de cloro libre residual, asegurando la eliminación de cualquier microorganismo.

### **9.6.9. Clasificado por Tamaño**

Esta operación se desarrolla con la ayuda de 8 equipos clasificadores o también llamado cilindro de alveolos, el principio se basa en la separación de granos quebrados de los granos enteros, es decir, por la medida de la longitud de los granos; mediante una caja de entrada los granos de arroz fluyen en el interior de los cilindros, los cuales contienen alveolos diseñados con diferentes tamaños, los granos que encajan exactamente en los alveolos son elevados y a cierta altura caerán fuera de los alveolos, estos granos son llamados granos quebrados, los cuales son envasados en sacos como un subproducto llamado arrocillo, los granos de arroz más grande que el diámetro de los alveolos son los granos de arroz enteros que permanecen en la superficie interior de los cilindros y son llevados mediante un elevador a la siguiente operación.

---

### **9.6.10. Selección por Color**

Esta operación se realiza con la ayuda de una selectora industrial, la cual presenta 4 bandejas, cada una con vibradores, los cuales alimentan a un conjunto de canales metálicos por donde el grano se desliza hasta mantener una velocidad constante, durante su recorrido final por el canal los granos de arroz se quedan suspendidos en el aire , momento en el cual mediante una foto celda los granos son observados , detectando granos manchado y otros defectos como parciales y totales , los cuales no tienen la transparencia o blancura ya calibrada como patrón le envía una orden a un eyector, el cual trabaja con aire a presión , para que estos granos defectuosos sean apartados del camino, todos estos granos defectuosos son envasados como subproducto llamado rechazo o descarte y los granos limpios son enviados por elevadores hacia el proceso final.

### **9.6.11. Envasado**

Los envases utilizados son de material polipropileno biorientado, o plástico BOPP, el cual no altera sus propiedades físicas, organolépticas y no producen sustancias tóxicas.

### **9.6.12. Almacenamiento**

El producto final es almacenado en una zona con ventilación, buena iluminación, así mismo mediante la ayuda de un higrómetro se registran los niveles de humedad relativa para dar condiciones óptimas de almacenamiento, existe un programa de fumigaciones, para evitar la proliferación de gorgojos , más aún en épocas con altas temperaturas ambientales.

---

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PILADO

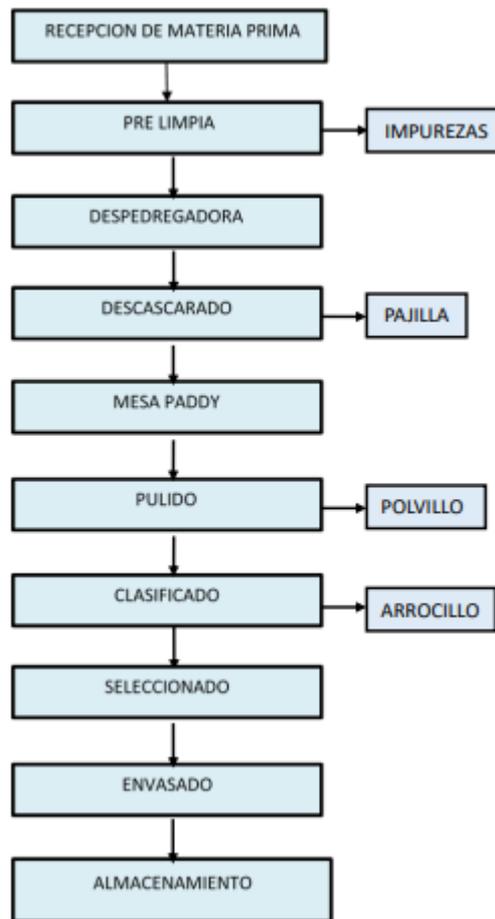


Figura 1.-Diagrama de flujo de proceso de pilado.

### 9.7.-Añejamiento:

El arroz ya pilado contiene cerca de 80 % de almidones en forma de amilosa (en cadena lineal helicoidal) con 10 %- 34% según el tipo de variedad, de amilopectina (cadena múltiple ramificada) con 66%-90%.

Mediante el proceso de añejamiento estos almidones son transformadas en forma de glucosa para poder ser digeribles para el ser humano, las enzimas alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón y lo transforman en:

Dextrinas: son carbohidratos con mayor cantidad de moléculas, que se forman por reducciones no completas de almidón y la celulosa .se emplea en la elaboración de sustancias pegajosas y espesantes.

---

Maltosa: son anillos unidos de glucosa, y se forma por la reducción de los almidones. Se considera esta la parte más nutritiva del arroz. El envejecimiento disminuye la solubilidad en el agua, del almidón y las proteínas, el tiempo necesario para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación. Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas de los lípidos del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón. Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente. Disminuye la susceptibilidad de los diversos compuestos del grano a la actividad enzimática. Como producto final se obtiene un arroz de alto rendimiento, buena cocción siendo este el preferido por los consumidores.

### **9.8.-Características del Añejamiento.**

-Disminuye la solubilidad en el agua del almidón y proteínas, el tiempo para la cocción aumenta, así mismo se observa el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación.

-Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.

-Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente, dando una tonalidad cremosa.

-La carióspside alcanza una mayor dureza y consistencia, incremento de dureza en el grano, se pueden observar con mayor facilidad durante las pruebas de cocción.

-Se pueden reconocer cambios de sabor.

-La resistencia a la tracción del arroz aumenta con el reposo, al igual que la resistencia a la compresión y a la rotura.

-Se aprecian cambios en expansión del volumen del arroz y absorción de agua durante la cocción.

-Se aprecian aromas más agradables durante las pruebas de cocción.

## 9.9.-Mecanismo del añejamiento del arroz

-Moritaka y Yasumatsu (2012) propusieron un mecanismo del envejecimiento del arroz que comprende los lípidos y proteínas. Los lípidos forman ácidos grasos libres, los cuales pueden formar complejos con la amilosa y compuestos carbonilos e hidroxiperóxidos, lo cual puede acelerar la oxidación y condensación de las proteínas más la acumulación de compuestos de carbonilo volátiles. La oxidación de proteínas, junto con un aumento en la concentración de almidón de micelas, inhibe la hinchazón de los gránulos de almidón y afecta la textura del arroz cocido.

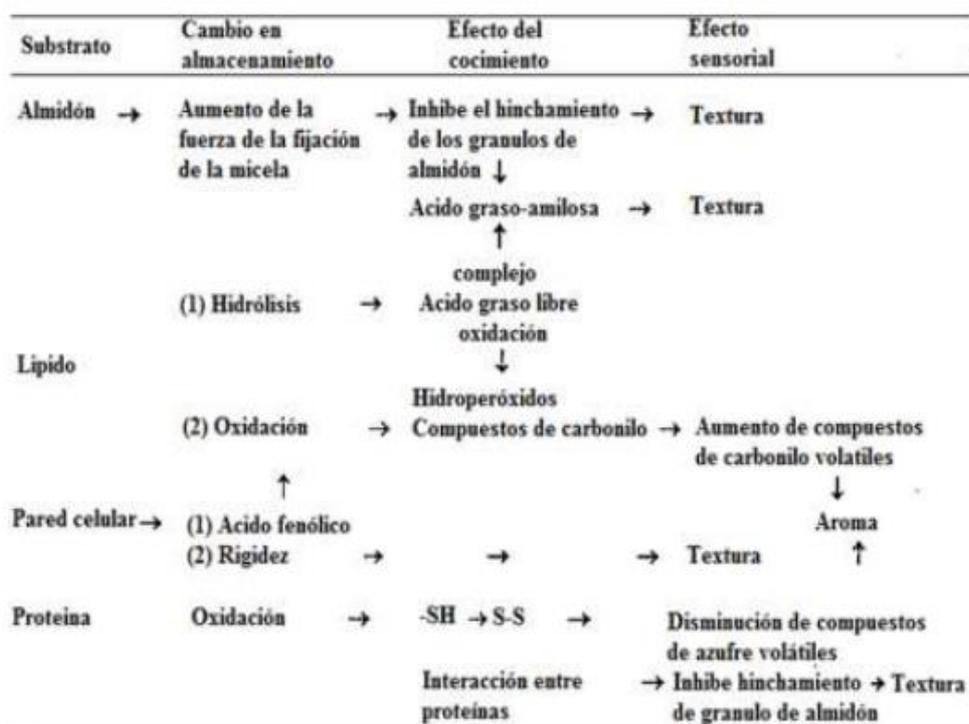


Figura 2. Modelo esquemático del proceso de envejecimiento del arroz (Moritaka y Yasumatsu, 2012).

## 9.10.-Envejecimiento Natural del arroz

El proceso de añejamiento natural consiste en dejar el arroz en cascara ya secado en silos o en sacas durante 6 meses como mínimo, lo más recomendable es de 1 año aproximadamente, después de este tiempo el arroz adquiere propiedades organolépticas como mejor sabor, un olor más agradable, mayor volumen y rendimiento, crecimiento de los granos de arroz, graneado, dureza, mayor consistencia etc. La humedad de arroz cascara con la cual se recomienda añejar oscila entre 13% y 14% de humedad. La forma de almacenamiento desempeña un rol muy importante para el éxito de este proceso de añejamiento natural, ya que el arroz por ser higroscópico, tiende a absorber la humedad relativa del ambiente, mientras este valor es más alto, el grano de arroz va absorbiendo más humedad, lo cual permitirá el

---

crecimientos de hongos y la presencia de granos manchados, otro punto que hay que tomar en cuenta es el programa de fumigación, ya que periódicamente se debe de fumigar los lotes para evitar la proliferación de gorgojos, especialmente en las épocas más calurosas.

### **9.11.-Añejamiento Artificial del arroz**

El proceso de añejamiento tiene como principio el retirar la humedad del grano de arroz, en este proceso se usa el arroz ya pilado con una humedad optima entre 11.5% y 12.5%, la empresa cuenta con 9 máquinas añejadoras industriales con una capacidad 17 toneladas cada una. En estas máquinas se crea un clima idóneo, para que las enzimas alfa y beta amilasas se activen, y pueden destruir las cadenas y ramas de los almidones con mayor velocidad, de tal forma que se puede lograr características semejantes a un añejamiento natural (4 – 7 meses) en un tiempo de 48 horas.

Durante el envejecimiento artificial del arroz se crea un clima ideal para la actividad de las mencionadas enzimas, donde no debe existir oxígeno sino vapor, lo que requiere el proceso para completar las dextrinas y maltosa incompletas, cortados de las cadenas múltiples. Este vapor adecuado lo produce el mismo arroz durante el calentamiento debido a su humedad inicial (11.5 – 12.5%). Cabe resaltar que es importante reconocer el comportamiento de cada variedad bajo las pruebas de cocción ya que mediante este reconocimiento se tomara decisión bajo que niveles de temperatura de se desarrollara el proceso de añejamiento industrial y cuantas horas durara dicho proceso. La máquina añejadora consiste en una serie de tubos de acero inoxidable por cuyo interior circula aire caliente y por la parte externa se hace contacto con el arroz. Las paredes de los tubos transfieren el calor al arroz. Al alcanzar una cierta temperatura, las capas del arroz cercanas a las paredes de los tubos, absorben el calor para disminuir los almidones y de esta forma transferido a los granos de las próximas capas. Al haber procesado la destrucción del amilo pectina y la amilasa, por medio de las enzimas, el grano que se encuentra cerca de las paredes comienza aumentar su temperatura y empieza a transferir el calor al arroz vecino. Así, en el punto cero, en el punto más distante a las paredes se encuentra el arroz más frío, el cual no ha sido procesado todavía. El arroz envejecido sale con una humedad de 1% a 2% menos que la humedad inicial, esta humedad se recupera posteriormente según el clima en el que se encuentre.

El proceso consta de tres etapas, la primera es la etapa de calentamiento la cual dura entre 10 y 12 horas de calentamiento considerando una velocidad de 4°/seg, continua la etapa de añejamiento con una temperatura del grano entre 76 y 78°C durante 6 horas como mínimo y 14 horas como máximo, esto dependerá de la blancura inicial con la que entre el lote, finalmente se desarrolla la etapa del enfriamiento, considerando una velocidad de 3 a 4°C, esta etapa dura entre 16 horas y 20 horas depende de la temperatura y la humedad del ambiente.

---

Para el control de tiempos y temperaturas, se cuenta con un software, el cual registra mediante una gráfica los niveles de temperatura y las velocidades de calentamiento y enfriamiento, en el interior de la maquina se encuentran dos sensores de temperatura para medir el grano de arroz y dos sensores para controlar la temperatura del aire caliente al interior de los tubos.

Esta añejadoras trabajan con gas, mediante un quemador, realiza la transferencia de calor hacia la cámara de combustión y a través de un ventilador haciendo giros contantes para el lado derecho e izquierdo de la máquina, se encargará de esparcir todo el aire caliente al interior de los tubos de las añejadoras.

El proceso de añejamiento es muy variable, todo depende de que variedad se utilice, los parámetros físicos de ingreso como la humedad y la blancura, el medio ambiente que rodea las añejadoras, los parámetros físicos finales, todo ello configura criterios importantes para tomar en cuenta durante la elección de las temperaturas de añejamiento y los tiempos de trabajo.

## **9.12.-DESCRIPCION DE PARAMETROS FISICOS DE MATERIA PRIMA:**

### **9.12.1.-HUMEDAD**

La humedad es el parámetro físico más importante para asegurar el éxito del proceso de añejamiento, si los niveles de humedad están por encima de los niveles recomendados o permitidos, generaran problemas como presencia de granos cuarteados, formación de manchas, debido a las altas temperaturas en el proceso, el arroz puede comprimirse y tener dificultades durante la descarga, lo que incrementaran los tiempos para obtener producto final.

Los niveles de humedad con lo cual se comercializa el arroz es entre 12-14% de humedad del arroz ya pilado.

La humedad optima de añejamiento esta entre 11.5-12.5% de humedad.

### **9.12.2.-BLANCURA**

Este parámetro físico cumple un papel fundamental en el proceso de añejamiento, ya que, teniendo niveles de blancuras altas, el proceso de añejamiento se puede desarrollar eficientemente, estos valores para la empresa en la cual se centra la investigación son considerados entre 39 y 42 grados ket.

Los niveles bajos de blancuras están considerados desde 33 hasta 38 grados ket, mientras mayor sea la blancura, mayor tiempo se puede mantener el arroz sometido al proceso de añejamiento, lo cual repercutirá en obtener altos niveles de cocción del producto final, dándole al producto altos niveles de competitividad en el mercado actual.

---

### **9.12.3.-GRANOS TRIZADOS**

Este parámetro físico es propio de una mala secada o de los defectos propios de una mala cosecha, físicamente se pueden observar fisuras en el grano ,líneas de forma horizontal , el grano puede tener entre una hasta tres líneas de forma horizontal , a estos granos que presentan estas líneas anteriormente descritas , se les denomina granos trizados , mientras más líneas horizontales presenten, en grano se volverá más débil y se verá reflejados en una mala cocción y en el incremento de granos quebrados.

### **9.12.4.-GRANOS CUARTEADO**

Los granos cuarteados son producto de choques térmicos, los cuales pueden darse por elevadas temperaturas en la pulidora de agua o durante el proceso de secado, por altas velocidades de calentamiento o enfriamiento durante el proceso de añejamiento o durante las descargas a finalizar dicho proceso, para que una materia prima se encuentre en óptimas condiciones, no debe de tener presencia de granos cuarteados.

Los granos cuarteados se observan como líneas de forma vertical y de forma horizontal en los granos de arroz, para ser observadas se necesita de un equipo diseñado empíricamente por los analistas de calidad para contar con mayor luz, este equipo tiene forma de una caja, en su interior hay espejos y un foco , en la cara superior hay un plástico , los granos son colocados en la cara superior de esta caja y con la ayuda de los espejos y el foco se pueden observar estos granos cuarteados, la visualización de estos granos sin el uso de este equipo es sumamente complicada y hasta pueden llegar hacer imperceptibles a simple vista.

### **9.12.5.-GRANOS QUEBRADOS**

Toda materia prima cuenta con un porcentaje de granos quebrados permitidos, una materia prima de arroz extra, se consideran entre 3% y 5% de quebrado, el exceso de quebrado es retirado mediante un proceso de clasificación, el cual tiene como subproducto sacos de arrocillo, granos quebrados que han sido retirado, a mayor cantidad de sacos de arrocillo, mayor será el incremento de los costos de producción.

### **9.12.6.-DESLIZAMIENTO**

El deslizamiento es un valor numérico representado en segundos que mide el nivel de graneado en la cocción , para obtenerlo se pesa en un vaso plástico 100 gramos de arroz ya cocinado , se voltea el vaso y se observa cómo el arroz ya coje la forma del vaso, el tiempo que dure en caer el arroz será registrado como el deslizamiento de esa materia prima , mientras menor sea el tiempo en el que demora de caer el arroz , la materia prima será considerada como optima y de buena calidad , mientras más demore en caer el arroz , esta materia prima será reconocida como arroz mazacotudo o pegoteado , materia prima de mala cocción y de baja calidad.

---

### **9.12.7.-REPOSO EN CASCARA**

Este valor es sumamente importante para determinar los niveles de cocción de materia prima, ya que mientras el arroz después de ser secado, reposa en óptimas condiciones de almacenamiento durante 30 días, adquiere mejores propiedades en cuanto cocción, lo cual ayudará a que el proceso de añejamiento se desarrolle de forma exitosa.

### **9.12.8.-VARIEDAD**

Las variedades de arroz serán elegidas, teniendo en cuenta las características propias de las mismas, la variedad feron posea una mayor dureza que las demás variedades, la variedad tinajones y valor son las más usadas y las más comercializadas, cada uno tiene diferente comportamiento a nivel de cocción, el feron tiene una mejor cocción, luego le sigue el tinajones y finalmente la variedad valor, al tener en cuenta este comportamiento de las variedades, ayudará a manejar una fórmula más eficiente y más adecuada para el proceso de añejamiento.

### **9.13.-DESCRIPCION DE PARAMETROS FISICOS DE PRODUCTO FINAL:**

#### **9.13.1.-HUMEDAD**

Después del proceso de añejamiento, considerado un proceso térmico, la humedad inicial disminuye considerablemente, aproximadamente 1%-2%, esto permitirá que el grano de arroz durante las pruebas de cocción, resista mayor cantidad de agua, lo cual ayudará al incremento del rendimiento del producto final, volviéndolo atractivo para el mercado nacional.

#### **9.13.2.-BLANCURA**

La blancura inicial sufre una disminución a causa de las reacciones de pardeamiento en el grano de arroz, al tener niveles de humedad más altos y tiempos de añejamiento más prolongados, la ganancia de color es mucho más alta en comparación con un arroz más seco entre 11% y 12% de humedad, considerando el mismo tiempo de añejamiento la ganancia de color es menor, esto quiere decir que la ganancia de color está influenciada directamente con los niveles de humedad que se decida trabajar y desde luego con las horas de añejamiento a considerar, todo ello considerado en un añejamiento artificial.

#### **9.13.3.-GRANOS CUARTEADOS**

Los granos cuarteados en el producto final, pueden ser originados por choque térmico, durante la descarga al finalizar el proceso de añejamiento, es importante considerar los valores de humedad relativa del medio ambiente y la temperatura del medio ambiente, también se toma en cuenta la temperatura del grano de arroz, ambos valores se restan y se obtiene el valor de un gradiente de temperatura, esta debe ser considerada en 7 grados como máximo para asegurar que no exista choque térmico, lo cual originaría los granos cuarteados en el producto final. La humedad relativa óptima se considera entre 50% y 65%.

---

#### **9.13.4.-GRANOS TRIZADOS**

El proceso de añejamiento no forma granos trizados, si la materia prima ingresa con cierta cantidad de granos trizados, un óptimo proceso de añejamiento, mantendrá los niveles de trizado.

#### **9.13.5.-MANCHA**

La formación de mancha es propia del proceso de añejamiento , los granos de arroz adquieren una coloración entre amarilla y naranja , lo cual es considerada un defecto en el producto final , para poder retirarlo , los granos de arroz pasan por un proceso de selección , dando como resultado un producto final sin mancha y un subproducto llamado rechazo , el cual está conformado por los defectos del arroz , en especial de los granos manchados , mientras mayor sea la mancha , mayor será la cantidad de sacos de rechazo , lo cual originara incrementar los costos de producción.

#### **9.13.6.-DESLIZAMIENTO**

Después del proceso de añejamiento, el parámetro físico como el deslizamiento es mejorado radicalmente, este proceso térmico ayuda a que los granos de arroz adquieran propiedades organolépticas, ayuda al graneado del arroz y da una buena apariencia en las pruebas de cocción.

#### **9.13.7.-PEGOTEO**

El valor optimo del pegoteo esta entre 35 y 40% , los análisis de pegoteo son realizados durante las pruebas de cocción del producto final , de la olla se escoge una muestra representativa , la cual tendrá que pesar 25 gramos de arroz cocinado , de esa muestra se empezaran a escoger granos de arroz hinchados , los granos de arroz quebrados y los granos de arroz reventados, todo ello formara parte de los granos en mal estado , la sumatoria de estos tres defectos viene hacer el valor numérico del pegoteo , mientras menor sea el pegoteo mayor será considerada la calidad el arroz a cuanto cocción se refiera.

#### **9.13.8.-OLOR**

El proceso de añejamiento le otorga un olor característico a los granos de arroz, un aroma agradable el cual durante las pruebas de cocción se puede apreciar con mayor facilidad.

#### **9.13.9.-TEXTURA**

Producto del proceso térmico, como es el caso del proceso de añejamiento los granos de arroz adquieren una textura más firme, los granos se ven más formados, y al morderlos se puede sentir cierto nivel de dureza, así mismo los granos se ven más compactos, lo cual ayuda al graneado del arroz.

---

### **9.13.10.-RENDIMIENTO**

El proceso de añejamiento, es un proceso en el cual los granos de arroz pierden cierto nivel de humedad, por lo cual, durante las pruebas de cocción, los granos de arroz tienden a resistir mayor cantidad de agua, incrementando su volumen y junto con ello los rendimientos iniciales.

### **9.14.-PROPIEDADES DE COCCIÓN**

#### **9.14.1.-Absorción de agua**

Al finalizar el proceso de añejamiento los granos de arroz pierden humedad, por esta razón durante las pruebas de cocción los granos de arroz tienen la capacidad de absorber mayor cantidad de agua lo que está directamente relacionado con el incremento del volumen.

Este aumento de volumen puede también explicarse por el hecho de que las paredes celulares del arroz añejado se fortalecieron más, a causa de la gelatinización del almidón, y pudieron mantener la forma hexagonal, que proporciona una mayor absorción de agua.

#### **9.14.2.-Elongación del arroz**

La longitud del arroz cocido es mayor del arroz antes de cocinar. Para determinar la elongación de los granos de arroz se toma 10 granos de arroz en tubo de ensayo de 20 ml y se introduce por 20 minutos con 5 ml de agua corriente. Después de remojar, los tubos de ensayo se colocan en agua hirviendo durante unos 30 minutos. Cuando los granos se cocinan correctamente, se sacan los tubos de ensayo y se elimina el agua que se encuentra dentro de los tubos de ensayo. Posteriormente, los granos cocidos se mantienen en una lámina de vidrio durante unos minutos para evaporar la humedad adicional y luego se mide la longitud y el ancho de los granos cocidos con un calibrador de digital (Faruq et al., 2003).

Elongación del grano:  $L_f - L_o$  Donde:

$L_f$ : longitud promedio de 10 granos cocinados

$L_o$ : longitud promedio de 10 granos sin cocinar

---

## **9.15.-CONDICIONES OPTIMAS DEL PROCESO DE AÑEJAMIENTO**

### **9.15.1.-HUMEDAD**

El control de la humedad es uno de los puntos críticos de control dentro del proceso de añejamiento, el registro de humedad de cascara, humedades de arroz ya pilado, es de vital importancia para asegurar el éxito en el proceso de añejamiento, al finalizar el proceso de añejamiento se registran los niveles de humedad final, para tener en cuenta el porcentaje de humedad removida.

La humedad ideal de añejamiento está considerada entre 11.5 y 12.5% considerando estos valores de humedad en el arroz ya pilado.

### **9.15.2.-BLANCURA**

La blancura es otro punto crítico de control dentro del proceso de añejamiento, ya que mediante este valor se designa los niveles de temperatura en la cual se desarrollará la etapa de añejamiento y el tiempo que durará el desarrollo de la misma, se tomará en cuenta la blancura final deseada para el producto final.

### **9.15.3.-DESLIZAMIENTO**

Para asegurar el éxito en cuanto a niveles de cocción se recomienda ingresar lotes que tengan 60 segundos de deslizamiento aproximadamente.

### **9.15.4.-TIEMPOS DE REPOSO**

Esta variable mide los niveles de cocción de la materia prima, ya que mientras los lotes después haber pasado el proceso de secado, tengan un correcto almacenamiento en cascará y sean pilado después de 30 días, logrará mejorar los niveles de cocción, mientras mayor tiempo el arroz este almacenado en cascará, mayores será los efectos en las pruebas de cocción.

### **9.15.5.-TEMPERATURA**

Los niveles de temperatura son controlados mediante 4 sensores, 2 sensores para el grano de arroz, y dos sensores para medir el aire internamente ; en el proceso de añejamiento existe tres etapas , la etapa de calentamiento que inicia con la temperatura ambiente ,aproximadamente 28°C, la etapa de añejamiento que se desarrolla entre 78°C y 79°C y la etapa de enfriamiento , en la cual los niveles de temperatura empiezan a descender hasta llegar a la temperatura ambiente; el control de temperatura asegurara los niveles de cocción a los que se desea alcanzar.

---

### **9.15.6.-VELOCIDADES**

En el proceso de añejamiento existen dos tipos de velocidades, las velocidades en la etapa del calentamiento y las velocidades en la etapa de enfriamiento, durante la etapa de calentamiento, la temperatura en el grano de arroz va subiendo 4°C por hora, permitiendo una desviación de 1 grado, el control de estas velocidades es de vital importancia para el éxito del proceso de añejamiento, si las velocidades incrementan su valor, el grano podría estresarse y empezar a generar granos trizados, granos cuarteados, grano quebrados, lo cual repercutirá en malos niveles en la prueba de cocción.

Durante la etapa de enfriamiento, se controla el descenso de la temperatura del grano de arroz por cada hora, siendo este descenso de 3°C, permitiendo una desviación de 1 grado, el control de estas velocidades ayudara a que el grano pueda mantenerse en un estado optimo, sin generar granos quebrados.

El control de las velocidades por hora durante la etapa de calentamiento y la etapa de enfriamiento, es el control más importante para conseguir el éxito en un proceso de añejamiento, teniendo estos niveles bien controlados, se evitara el origen de los granos trizados, granos cuarteados, granos quebrados, por lo cuándo tendrían que pasar por un proceso de clasificación para poder retirar los granos quebrados, lo cual incrementará los costos de producción, así mismo estos granos quebrados originara malos niveles durante las pruebas de cocción.

### **9.15.7.-HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE**

El control de esta variable es fundamental para poder determinar el óptimo horario para descargar el lote, una vez finalizado el proceso de añejamiento, se tendrá que registrar los niveles de humedad relativa del ambiente, ya que los niveles bajos de humedad relativa considerados entre 50 y 65%, son ideales para evitar causar un choque térmico entre los granos de arroz y el medio ambiente, por encima de estos niveles de humedad relativa no se recomienda descargar.

## 9.16.-Procedimiento de añejamiento artificial

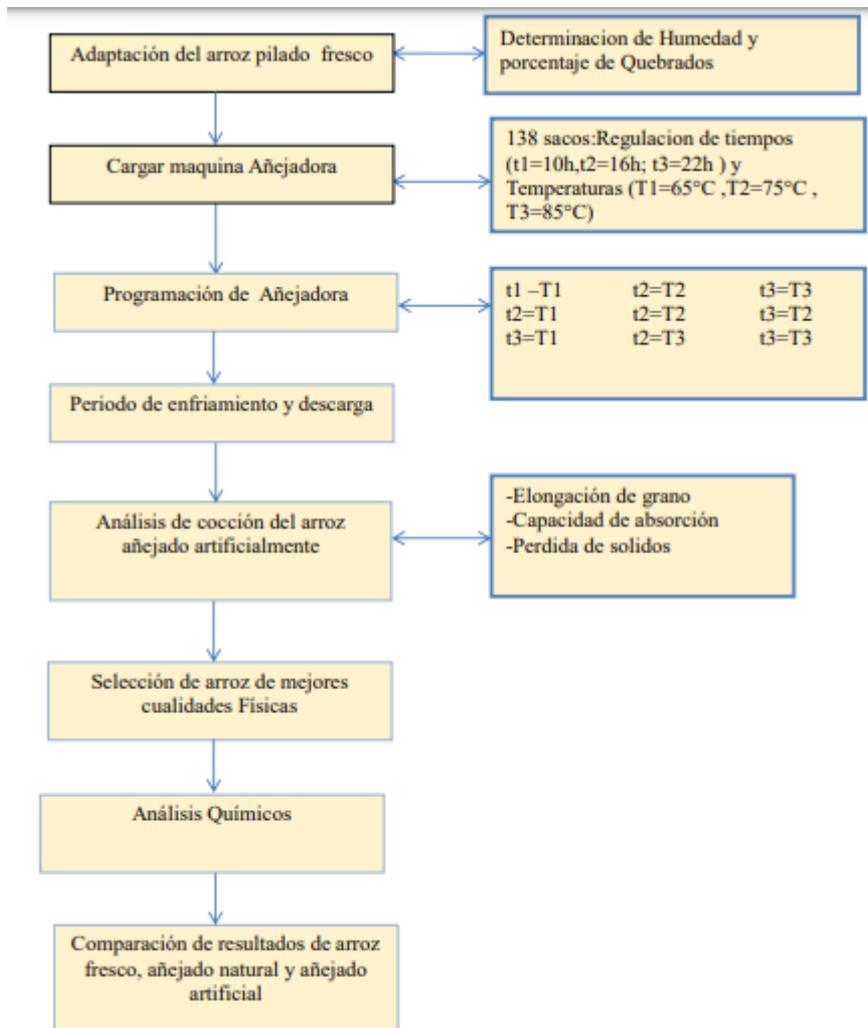


Figura 3: Descripción del proceso de añejamiento.

---

## **10.-MATERIALES Y METODOS**

### **10.1-POBLACION Y METODOS**

Universo: constituido por todo el arroz pilado que llega a al molino, Carretera Lambayeque Km 7 Chiclayo - Lambayeque. La variedad del arroz utilizado fue valor.

Población: constituida 141 batch, también llamados lotes, constituidos por 350 sacos de 50kg,

Muestra: para los respectivos análisis físicos de humedad y mancha, se consideraron 2 muestras 1 kg por cada batch.

### **10.2.-MATERIALES**

- cucharones
- bolsas plásticas de 5kg
- plumas de metal
- cuadernos
- lapiceros
- calculadoras

### **10.3.-EQUIPOS**

- Medidor de Blancura modelo C -300. marca Kett. Escala: 5-69 °Kett.
- Clasificador (% quebrado) marca Zaccaria, modelo CRZ-2, capacidad 100 gr
- Añejadora Artificial, marca carhuatec
- Medidor de Humedad, marca Kett, modelo PM-4025, Temperatura de funcionamiento: 0 a 40 °C .
- termómetros digitales



---

## 11.-METODOLOGIA

La aplicación de la metodología Six sigma consiste en la mejora continua de los procesos, mejorando la calidad, esencialmente consiste en la aplicación de la estandarización, centrada en reducir la variabilidad de los procesos, consiguiendo procesos más homogéneos reflejados en el incremento de la calidad.

Esta metodología tiene como objetivo reducir las variaciones de un proceso con el propósito de que el producto presente cero defectos, es aplicada para optimizar procesos de fabricación, también pueden ser aplicadas a otros sectores, como es el caso de los tecnológicos.

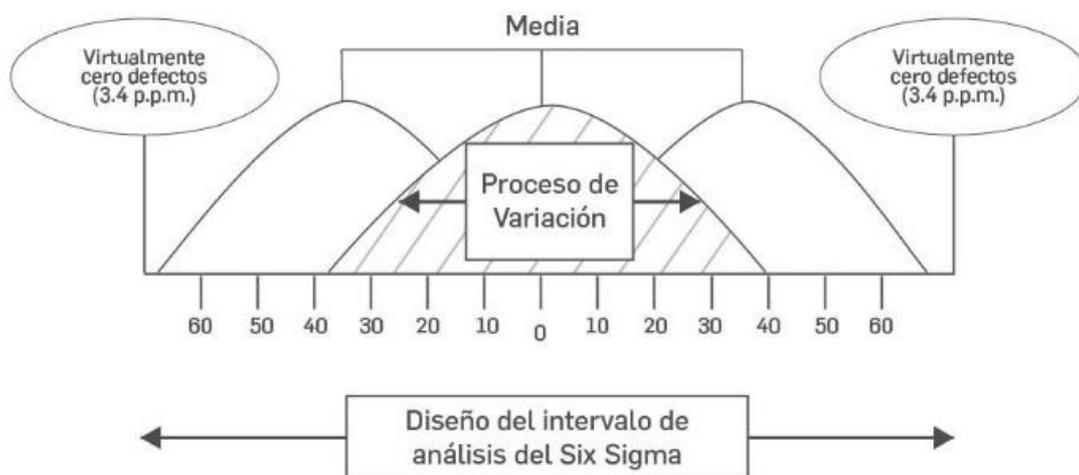


Figura Nº 4: Representación gráfica del proceso de variación del sigma

El objetivo de esta metodología es obtener 3, 4 defectos por millón de oportunidades.

Clasificando la eficiencia de un proceso con base a su nivel sigma:

- 1 sigma = 68,27% de eficiencia.
- 2 sigma = 95,45% de eficiencia.
- 3 sigma = 99,73% de eficiencia.
- 4 sigma = 99,994% de eficiencia.
- 5 sigma = 99,99994% de eficiencia.
- 6 sigma = 99,9999966% de eficiencia.

Six Sigma es una metodología basada en cinco principios:

- Enfoque al cliente.
- Centrado en los procesos.

- Metodología para la realización de proyectos.
- Estructura organizacional.
- Lucha contra la variación.

Esta metodología se desarrolla en 5 fases, definir, medir, analizar, mejorar y control

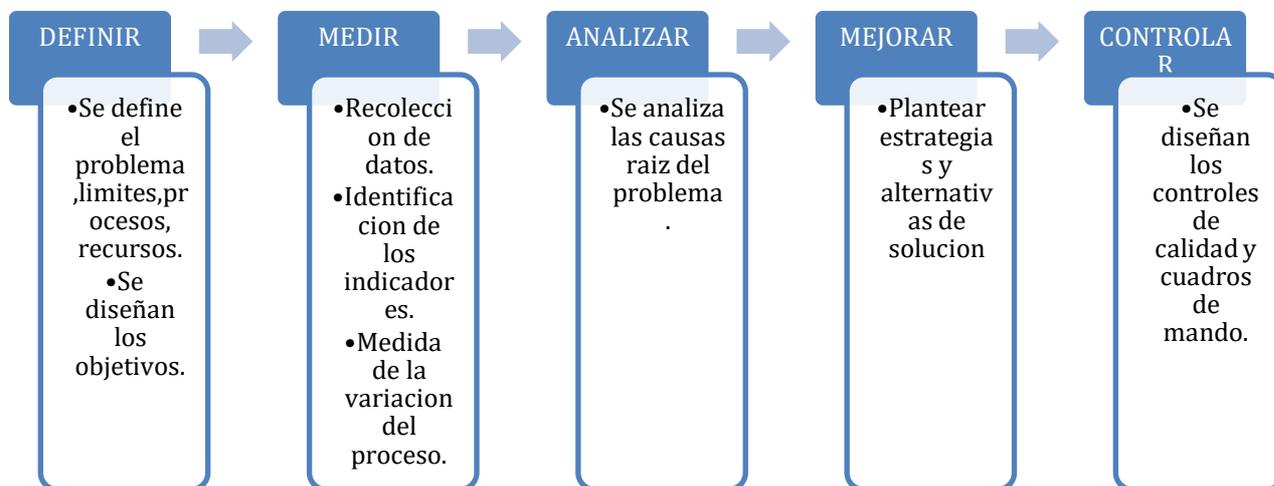


Figura N°5: Metodología Six Sigma

A continuación de descripción las siguientes fases que contiene la metodología Six Sigma

**DEFINIR:**

En esta primera fase, se define el proceso a mejorar y sus límites, se determinan los objetivos principales, se define el contexto general del problema, se establecen los equipos de trabajo para ellos se pueden utilizar técnicas como la aplicación del SIPOC. Cabe resaltar que la elección del proceso a elegir debe ser relevante para la organización ya sea desde la perspectiva del cliente, negocio, eficiencia, debe ser abordable, así mismo es importante definir un tiempo determinado para la aplicación de esta metodología, se recomienda un tiempo máximo de 6 meses.

Los objetivos establecidos deben de cumplir con los criterios SMART, deben de ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes, con horizonte temporal.

---

## **MEDIR**

En esta etapa se diseñan los mapas de proceso, datos del proceso, se realiza la mediación de rendimiento del proceso, medición de la variación, algunas de las técnicas a usar son, flujogramas, plan de recolección de datos, análisis de sistema de medición, análisis de repetibilidad y reproductibilidad.

Es importante reconocer el contexto del problema y aplicar técnicas para encontrar las posibles causas y poder solucionarlo.

En esta etapa se necesita reconocer los indicadores claves del proceso, determinar los datos necesarios, recolectar datos y contrastar la calidad de los mismos.

## **ANALIZAR**

En esta tercera etapa se define la variabilidad del proceso, los cuellos de botella y se analiza la causa raíz de los problemas, algunas herramientas a usar son el diagrama de Ishikawa, contraste de hipótesis, mapa del flujo de valor, análisis KANO, análisis de modos de fallo y error (FMEA), contraste de hipótesis, diagrama de pareto, regresión, 5 porques etc.

En esta etapa se necesita identificar las salidas del proceso a mejorar, las entradas que potencialmente afectan a las salidas, y básicamente identificar las causas raíz.

## **MEJORAR**

En esta fase se definen las mejoras a realizar, planes de acción, impacto de los cambios, algunos de las técnicas a utilizar con el brainstorming , benchmarking, pensamiento lateral , diseño de experimentos.

Se necesita generar soluciones potenciales, validar las soluciones, preparar un plan de implementación y ejecutar el plan.

## **CONTROLAR**

En esta etapa finalizar se diseñan los controles de calidad y los controles para los rendimientos del proceso utilizando como herramientas los cuadros de mandos y los cuadros estadísticos del proceso.

---

## **11.1.-DESARROLLO DE LA METODOLOGIA SIX SIGMA**

### **11.1.1.-DEFINIR**

#### **PROBLEMA**

Variación en la calidad del producto final después del proceso de añejamiento, en los niveles de mancha y granos cuarteados, lo cual incrementa el nivel de subproducto y con ello los costos de producción.

#### **OBJETIVOS**

Mejorar la calidad en el producto final, después del proceso de añejamiento, estudiando la relación de variables tales como; humedad, mancha y granos cuarteados, evitando los sobrecostos en producción.

#### **PROCESO**

El proceso a estudiar es el proceso de añejamiento, siendo este uno de los tres procesos por el cual pasa la materia prima para poder ser transformada en producto final listo para ser comercializado, el primer proceso es el proceso de secado , continuando con el proceso de pilado y finalmente el proceso de añejamiento , ya que este es el proceso final , se necesita poder implementar el mayor de los controles, podría darse el caso de corregir observaciones que no fueron corregidas en los procesos anteriores , por lo cual el proceso de añejamiento se considera el proceso más importante.

#### **ELECCION DE VARIABLES A ESTUDIAR:**

Para garantizar el proceso de añejamiento se toman en cuenta las variables como la humedad, la blancura, niveles de deslizamiento, granos trizados, granos cuarteados, sin embargo, el control de la humedad es lo más importante para un proceso exitoso, ya que el añejamiento es un proceso térmico, el cual básicamente tiene como objetivo deshidratar el grano para otorgarle propiedades a nivel de cocción, mejora el graneado y los rendimientos.

En los últimos meses en las regiones de San Martín y en Lambayeque, las principales zonas de acopio para la empresa, presentaron fuertes precipitaciones , lo cual hizo que el arroz durante el transporte tenga contacto con mayor humedad y mayores niveles de temperatura ambiental; al finalizar el proceso de añejamiento se observan incrementos en los granos manchados y granos cuarteados , por lo cual es este proyecto de investigación, se estudian la relación de las variables de la humedad del grano , el porcentaje de granos manchados y el porcentaje de granos cuarteados.

---

## MAPA DE PROCESO DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR



Figura N°6: Mapa de procesos de las actividades a realizar.

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PILADO DEL MOLINO CENTROAMERICA SAC.**

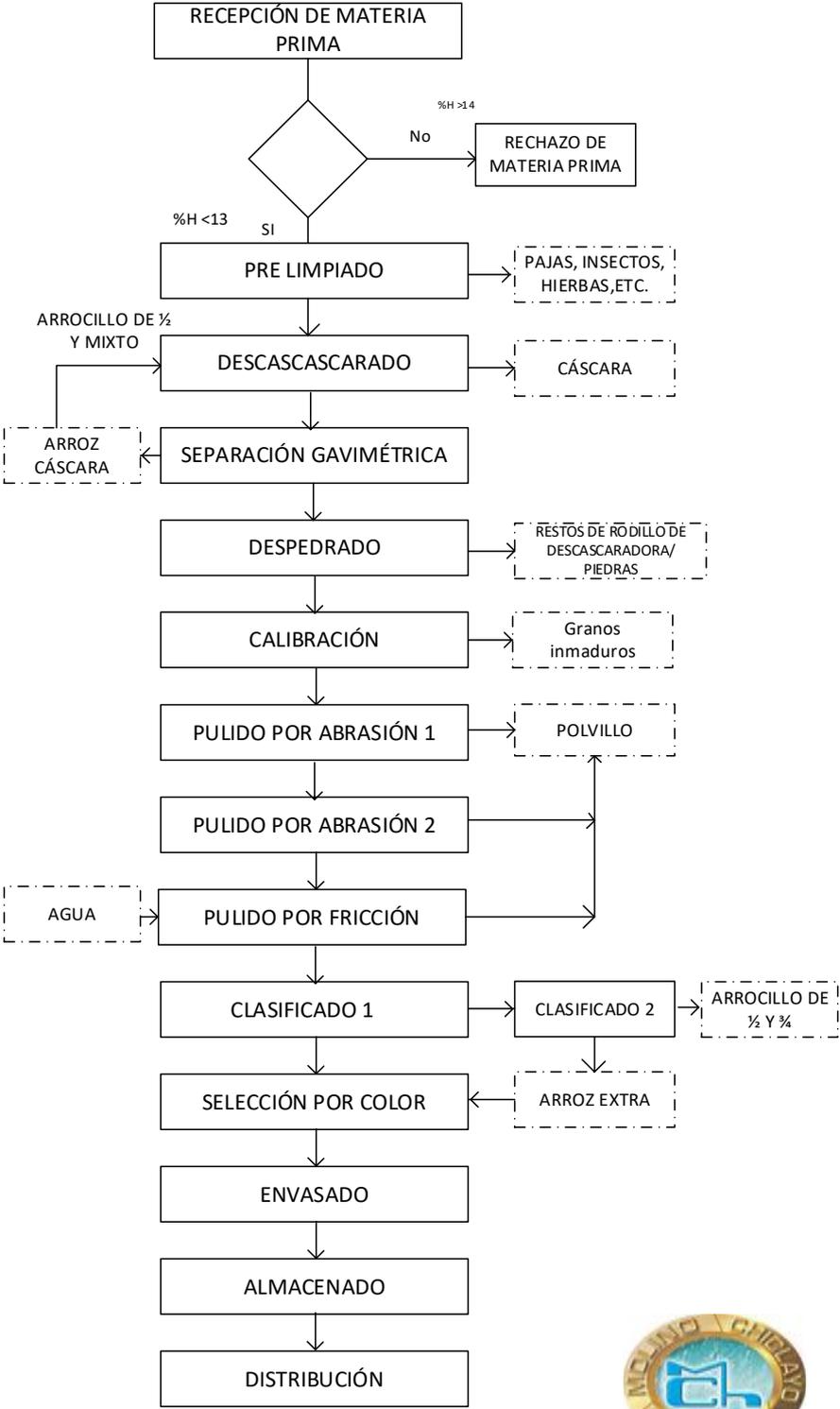


Figura N°9: Diagrama de flujo del proceso de pilado. Fuente: Elaboración propia.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE AÑEJADO DEL MOLINO CENTROAMERICA SAC.

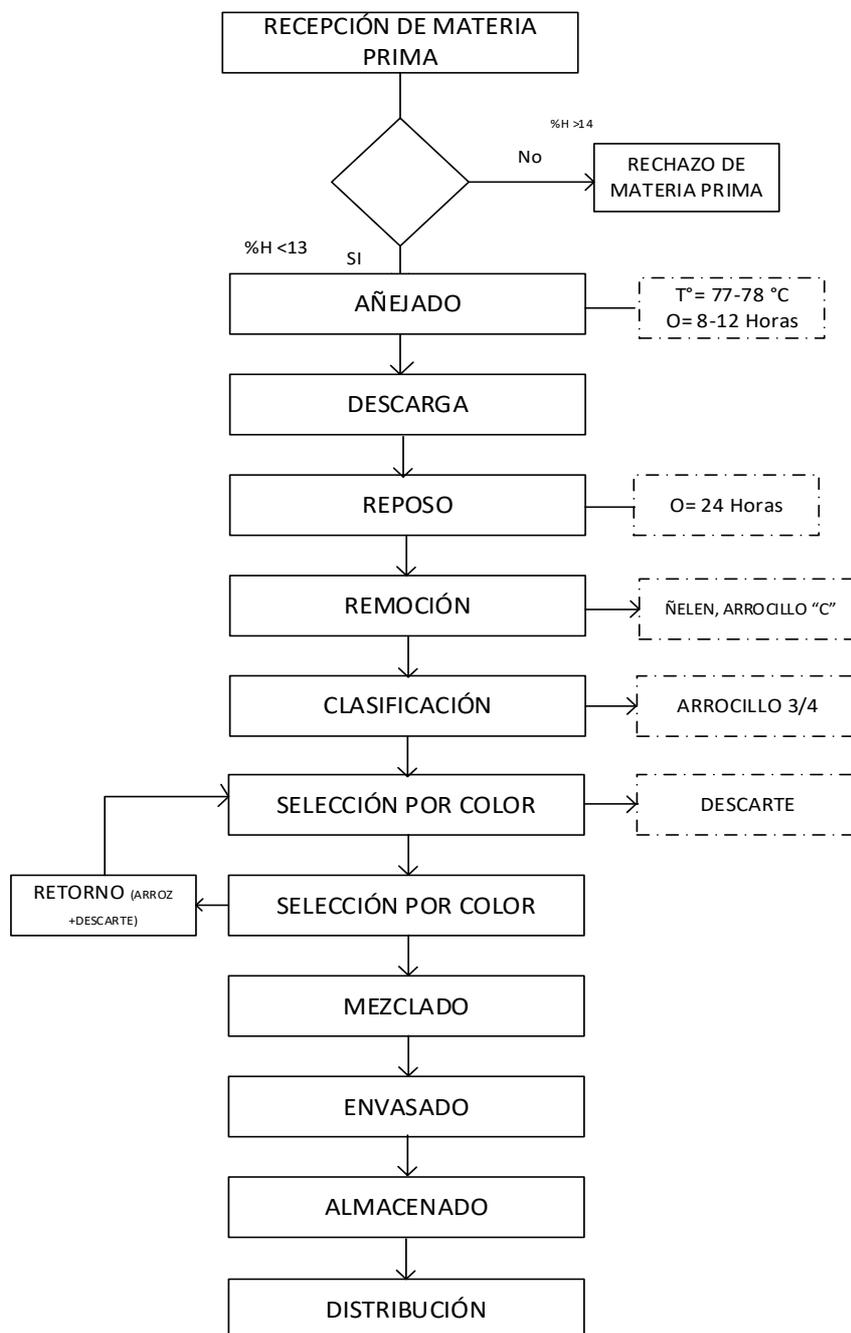


Figura N°10: Diagrama de flujo del proceso de pilado. Fuente: Elaboración propia.

### MATRIZ RACI

	JEFE DE PRODUCCION	JEFE DEL ÁREA DE CALIDAD	SUPERVISOR DE CALIDAD	ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD	ASISTENTE	ASESOR DE PRODUCCION	GERENCIA
Dirección del proyecto	R	R				C	I
Distribución de roles	R					C	
Evaluación de resultados	R					C	
Análisis de datos	R	A				C	
Supervisión de actividades	R		A				
Toma de muestras y análisis de las mismas	R			A			
Registro de datos	R				A		

Tabla N°6: Matriz Raci. Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que la elección del equipo de trabajo y la distribución de roles y funciones para cada miembro del equipo, no forma parte de la metodología de Six Sigma , sin embargo se recomienda tener un equipo de trabajo , bien conformado , y sumamente eficiente.

---

### **11.1.2.-MEDIR**

En esta etapa de la metodología se realizan la selección de indicadores, se describen los datos a recolectar y se indican la validez de los mismos.

#### **INDICADORES**

**PORCENTAJE DE HUMEDAD DE INGRESO:** la humedad del lote ya pilado es la variable más importante para asegurar el éxito del proceso de humedad, por lo cual garantizar su control debe ser parte fundamental en el desarrollo del proceso de añejamiento.

**VELOCIDAD DE TEMPERATURAS:** el proceso de añejamiento se desarrolla en tres etapas, la etapa de calentamiento, añejamiento y enfriamiento, en la primera y tercera etapa se controlan los niveles de velocidad en grados centígrados por hora, siendo estos valores entre 3°C y 4 °C por hora.

#### **PORCENTAJE DE PEGOTEO**

Este indicador mide la calidad de cocción de los lotes después del proceso de añejamiento, considerando un valor óptimo entre 35% y 40% de pegoteo.

#### **PORCENTAJE DE RECHAZO**

El rechazo estará compuesto por los defectos en exceso de los lotes una vez terminado el proceso de añejamiento, en su composición tendrá granos de tiza parcial, granos de tiza total, mancha, un valor óptimo para considerar que el proceso de añejamiento fue exitoso es de 0.3% de rechazo en la remoción del lote final.

#### **PORCENTAJE DE GRANOS CUARTEADOS**

Los granos cuarteados después del proceso de añejamiento, reducen la calidad del arroz, por lo tanto, el nivel aceptado de granos cuarteados oscila entre 3% y 5% del lote.

---

## **DATOS POR RECOLECTAR**

### **PORCENTAJE DE HUMEDAD DE INGRESO**

Por casa lote se registran los niveles de humedad, aproximadamente 5 datos por muestras, considerando una desviación actual de 0.56.

### **PORCENTAJE DE MANCHA**

Estos valores serán registrados después del proceso de añejamiento la variación oscila entre 0.4% y 20%, obteniendo una desviación de 4 puntos.

### **PORCENTAJE DE GRANOS CUARTEADOS**

Estos niveles de granos cuarteados son registrados después del proceso de añejamiento los cuales actualmente se encuentran entre 1% y 18% obtenido una desviación de 3 puntos.

## **PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCION DE DATOS**

### **1).-Adaptación del arroz pilado fresco**

Para esta etapa se seleccionó arroz extra, con lo cual se aseguró de tener un contenido de quebrados mínimo de 4-5%, defectos totales de 4%, blancuras inicial 40 grados ket, humedad de ingreso entre 12-14% de humedad.

Se toman en cuenta otros factores, tales como el olor del arroz, el acabado de los granos, la presencia de aceite, la presencia de gorgojos, granos trizados, granos cuarteados, los niveles de la cocción de la materia prima, la cual es medida por deslizamientos registrados en segundos.

### **2).-Cargar maquina añejadora**

Para realizar esta etapa, los estibadores cargaron 350 sacos y fueron llenando una tolva que a través de un elevador lo deposita a la parte superior de la añejadora, con la ayuda de un operador el arroz se esparce, para que el llenado se realice de forma homogénea.

### **3) Programación de añejadora.**

En esta etapa se programó las condiciones del proceso de añejamiento, considerando como variables principales horas y temperatura, trabajando en niveles de 77 y 78 grados C en la temperatura de arroz y un tiempo de añejamiento de 12 horas aproximadamente.

---

#### **4) Periodo de enfriamiento y descarga**

Durante el proceso de enfriamiento se toman en cuenta la velocidad de enfriamiento por hora, siendo esta entre 3 y 4 grados C , la temperatura ambiente y la humedad relativa determinará si el lote está en óptimas condiciones para poder ser descargado.

#### **5).-Elección de muestras**

Durante la descarga de los lotes, un analista del área de control de calidad está presente durante toda la descarga del lote, aproximadamente un tiempo de 30 minutos, durante este periodo de tiempo cada 5 minutos se va llenando 2 bolsas de 1 kg cada uno para posterior análisis de parámetros físicos como la mancha y humedad.

#### **6).-Análisis fisicoquímicos**

Con la ayuda de un medidor de humedad, se registran 5 datos de humedades y se toma la humedad promedio, así mismo por cada batch se registran los niveles de mancha alcanzados.

## 8.-Registro de los datos

Los datos obtenidos de humedad y mancha serán registrados en una hoja de Excel, para poder encontrar la correlación de ambas variables.

### RECOLECCION DE DATOS

CÓDIGO	MANCHA INICIAL	MANCHA FINAL	MANCHA ORIGNADA EN EL PROCESO	HUMEDAD EN BLANCO	% CUARTEADO
R-4154	4	20	16.0	14	10.5
R-4394	0.3	15.6	15.3	14	10.2
R-4268	0.8	18	17.2	14	11.3
R-4176	0.4	14	13.6	14	9
R-4358	2.8	18	15.2	13.8	9
R-4242	0.4	16	15.6	13.8	7.6
R-4284	0.6	14	13.4	13.8	8.3
R-4182	1.8	13.6	11.8	13.8	7.0
R-4158	0.8	13.6	12.8	13.8	8.5
R-4354	1	16.8	15.8	13.8	7
R-4117	0.2	14	13.8	13.8	6
R-4379	1.4	13	11.6	13.7	6.8
R-4123	0.2	14	13.8	13.7	5.2
R-4235	0.3	11.2	10.9	13.7	5.4
R-4297	1.0	13	12.0	13.6	6.0
R-4352	0.4	14	13.6	13.6	4.5
R-4381	0.8	15	14.2	13.6	5.2
R-4341	0.5	14.4	13.9	13.5	5.3
R-4275	0.8	11	10.2	13.5	5
R-4280	0.3	8.8	8.5	13.5	4.0
R-4236	0.5	12.3	11.8	13.5	6.0
R-4252	0.4	8	7.6	13.4	5.4
R-4317	2	11	9.0	13.4	6.0
R-4281	1.0	9	8.0	13.3	6
R-4223	0.6	8.2	7.6	13.3	5.0
R-4308	8.6	13	4.4	13.2	5.3
R-4319	1.2	7	5.8	13.2	4
R-4356	2	6	4.0	13.2	4.7
R-4309	7	9	2.0	13	5
R-4273	10.0	12	2.0	13	6

R-4138	11	13	2.0	13	6.2
R-4136	12.6	15	2.4	13	4.6
R-4399	8.4	11	2.6	13	4.5
R-4296	4.4	7	2.6	13	3.8
R-4378	8	11	3.0	13	4
R-4293	5.7	9	3.3	13	4
R-4334	5.6	9	3.4	13	4.3
R-4139	5.5	9	3.5	13	4.0
R-4240	7.2	9	1.8	13	5.2
R-4181	0.2	3	2.8	13	4.6
R-4290	1.3	5	3.7	12.8	4.2
R-4178	4.4	8.3	3.9	12.6	2.0
R-4175	4.0	4.8	0.8	12.6	3
R-4314	1.0	3	2.0	12.6	5
R-4159	3.8	5	1.2	12.6	4.6
R-4180	5.0	7	2.0	12.6	2.6
R-4283	5.5	8	2.5	12.6	3
R-4150	3	6	3.0	12.6	2
R-4340	4	4.8	0.8	12.6	3
R-4382	1.8	4	2.2	12.6	2
R-4318	1	3.3	2.3	12.6	1.8
R-4331	1.8	3	1.2	12.5	2.5
R-4174	8	10	2.0	12.5	3
R-4241	0.7	3	2.3	12.5	2.5
R-4307	5.4	8	2.6	12.5	1.3
R-4282	0.4	3	2.6	12.5	3
R-4353	0.4	5	4.6	12.5	2.2
R-4148	1.0	5.6	4.6	12.4	2.7
R-4333	4.5	6	1.5	12.4	2.3
R-4383	4.4	6	1.6	12.4	0.5
R-4274	7.3	9	1.7	12.4	0.8
R-4272	7.2	9	1.8	12.4	2.4
R-4135	2	4	2.0	12.4	2.4
R-4116	8	10	2.0	12.4	4
R-4377	4.4	7	2.6	12.4	1.7
R-4397	7.2	10	2.8	12.4	4
R-4147	5.0	8	3.0	12.4	5.4
R-4320	6.0	9	3.0	12.4	1.0
R-4367	8.9	12	3.1	12.4	4.8
R-4374	4.4	8	3.6	12.4	3.4
R-4120	9.3	10	0.7	12.3	4.0

R-4137	2.0	3	1.0	12.3	3.0
R-4133	6	7	1.0	12.3	4
R-4271	7.8	9	1.2	12.3	2.0
R-4345	6.8	8	1.2	12.3	3.5
R-4310	2.5	4	1.5	12.3	3.4
R-4151	2.4	4	1.6	12.3	3.5
R-4393	7.2	9	1.8	12.3	1.0
R-4256	7.2	9	1.8	12.3	2.1
R-4347	9.8	12	2.2	12.3	3.5
R-4375	9.8	12	2.2	12.3	2
R-4295	4.4	7	2.6	12.3	3.0
R-4157	6.2	9	2.8	12.3	3
R-4257	2	5	3.0	12.3	2.8
R-4263	4	7	3.0	12.3	1.0
R-4343	1	3.3	2.3	12.3	0.6
R-4118	1.7	3	1.3	12.2	2.2
R-4305	2.6	3	0.4	12.2	2.3
R-4239	4	5	1.0	12.2	1.9
R-4311	3.5	5	1.5	12.2	0.6
R-4316	2.6	3.6	1.0	12.2	3.6
R-4134	4	6	2.0	12.2	2
R-4270	8.0	10	2.0	12.2	1.8
R-4149	2	4	2.0	12.2	2.3
R-4322	4	6	2.0	12.2	2.1
R-4253	1.0	3	2.0	12.2	0.8
R-4113	6.8	9	2.2	12.2	2.3
R-4260	4.8	7	2.2	12.2	2.4
R-4294	5.7	8	2.3	12.2	1.8
R-4303	1.2	4.1	2.9	12.2	2.8
R-4287	13.6	16	2.4	12.2	3
R-4360	13.4	16	2.6	12.2	2.3
R-4122	9.3	12	2.7	12.2	3.2
R-4339	7	10	3.0	12.2	0.8
R-4321	12.0	15	3.0	12.2	2.0
R-4342	7	10	3.0	12.2	0.8
R-4255	7.8	9	1.2	12.2	3
R-4254	0.6	7.2	6.6	12.2	2.4
R-4267	0.8	1	0.2	12.1	1.0
R-4289	1	3	2.0	12.1	3

R-4335	3	5	2.0	12	3.0
R-4140	8	8.5	0.5	12	3.2
R-4306	1.2	2	0.8	12	2
R-4119	9	9.8	0.8	12	2.3
R-4315	0.8	3	2.2	12	2.2
R-4291	1.8	3	1.2	12	3.1
R-4238	8.6	10	1.4	12	1.2
R-4286	13.6	15	1.4	12	2
R-4398	4.4	6	1.6	12	2.1
R-4285	4.2	6	1.8	12	0.6
R-4177	3.0	5	2.0	12	1.3
R-4401	3	5	2.0	12	3.0
R-4156	5	7	2.0	12	1.7
R-4332	8	10	2.0	12	2
R-4121	6.8	9	2.2	12	3
R-4152	0.6	3	2.4	12	1.0
R-4346	6.4	9	2.6	12	2
R-4258	5	8	3.0	12	0.8
R-4234	0.6	3	2.4	12	2.0
R-4380	1.2	2	0.8	12	1.2
R-4160	1	4	3.0	12	2
R-4304	0.9	3	2.1	12	0.9
R-4153	0.8	3	2.2	12	0.9
R-4269	1.6	3.2	1.6	12	1.0
R-4355	3	5	2.0	12	1
R-4259	0.8	3	2.2	12	2
R-4155	0.8	2	1.2	12	0.8
R-4357	1.4	2.3	0.9	12	1.0
R-4344	0.6	1	0.4	11.8	1
R-4292	4	6	2.0	11.8	1
R-4317	0.8	4	3.2	11.7	0.5
DESVIACION	3.37815439	4.21879173	4.22711108	0.60484953	2.18462088

Tabla N° 7: Recolección de datos. Fuente: Elaboración propia.

---

Mediante la recolección de datos en 141 procesos de añejamiento desarrollados, se registraron datos de humedad en blanco, encontrando una desviación de 0.6, siendo el valor más bajo 11.7% y el más alto 14%, así mismo se registraron los valores de mancha iniciales, valores de mancha finales; mediante la diferencia de estos dos valores se obtuvo el porcentaje de mancha que genera el proceso, encontrando una desviación de 4.22, siendo el valor más bajo de mancha 0.4% y el más alto de 16%. Se recolectaron datos de cuarteados, encontrando una desviación de 2.18, siendo en valor más bajo 0.5% y el más alto de 10.5%.

Cabe resaltar que la toma de muestra, el análisis de los parámetros físicos fue realizado por un solo analista para reducir los niveles de desviación.

### **11.1.3.-ANALIZAR**

Después de la identificación de la desviación del porcentaje de mancha siendo este valor 4.22 y encontrando la desviación del porcentaje de cuarteado siendo este 2.18, se procede a identificar las causas raíz mediante el método de brainstorming, con el equipo de trabajo definido en la primera etapa de la metodología de six sigma, dichas causas serán clasificadas según el diagrama de Ishikawa en tipos de causa como método, hombre, entorno, material, medida, máquina; a continuación serán sometidas a una votación por parte de los 5 integrantes otorgando un puntaje del 1 a 5 siendo este valor el nivel de importancia de las causas, siendo el nivel 1 el nivel más bajo de importancia y 5 el nivel más alto de importancia, al finalizar este proceso de hallar las causas más importantes para así poder ser estudiadas y diseñar las estrategias de solución.

## DESCRIPCION DE CAUSAS RAIZ

PROBLEMA: VARIACION DE PORCENTAJE DE MANCHA Y GRANOS CUARTEADO EN EL PROCESO DE AÑEJAMIENTO			
CAUSA	DESCRIPCION DE LA CAUSA	TIPO DE CAUSA	NUMERO DE VOTOS
C1	El acopio de la materia prima es desarrollado en diferentes zonas de la región, originando la variación de los parámetros físicos de la materia prima.	METODO	5
C2	Los acopiadores no están siendo capacitados lo suficiente para la exigencia en la compra de materia prima.	HOMBRE	2
C3	La inestabilidad actual de los precios obliga a la compra inmediato de la materia prima incumpliendo los requisitos de calidad.	ENTORNO	5
C4	El incremento de latas temperaturas y fuertes lluvias han incrementado el porcentaje de mancha en materias primas.		5
C5	Los equipos se encuentran descalibrados, arrojando valores erróneos	MAQUINA	1
C6	No existen métodos claros para la compra de materia primas	METODOS	1
C7	Los acopiadores no cuentan con suficientes medidores de humedad para guiarse y realizar una buena compra.	MATERIAL	2
C8	Los nuevos acopiadores de reciben capacitaciones suficientes.	METODOS	2
C9	Los acopiadores no son evaluados periódicamente.	METODOS	4
C10	La falta de medición de datos obliga a no reconocer las perdidas reales por un mal acopio.	MEDIDA	4
C11	la falta de mantenimiento de las añejadoras industriales arroja niveles de mancha inexactos.	MAQUINARIA	2
C12	La falta de control del medio ambiente incrementa los niveles de granos cuarteados	ENTORNO	2
C13	Los altos niveles de humedad influyen directamente en el incremento de granos cuarteado y granos manchados.	MEDIDA	5
C14	La poca inversión para la aplicación de procesos de mejora continua impide medir y encontrar las reales causas del problema	HOMBRE	5
C15	la falta de recursos humanos, dificulta la realización de procesos de mejora continua	MATERIAL	4

Tabla N°8: Descripción de causas raíz. Fuente: Elaboración propia.

### DIAGRAMA DE PARETO SOBRE CAUSAS RAIZ

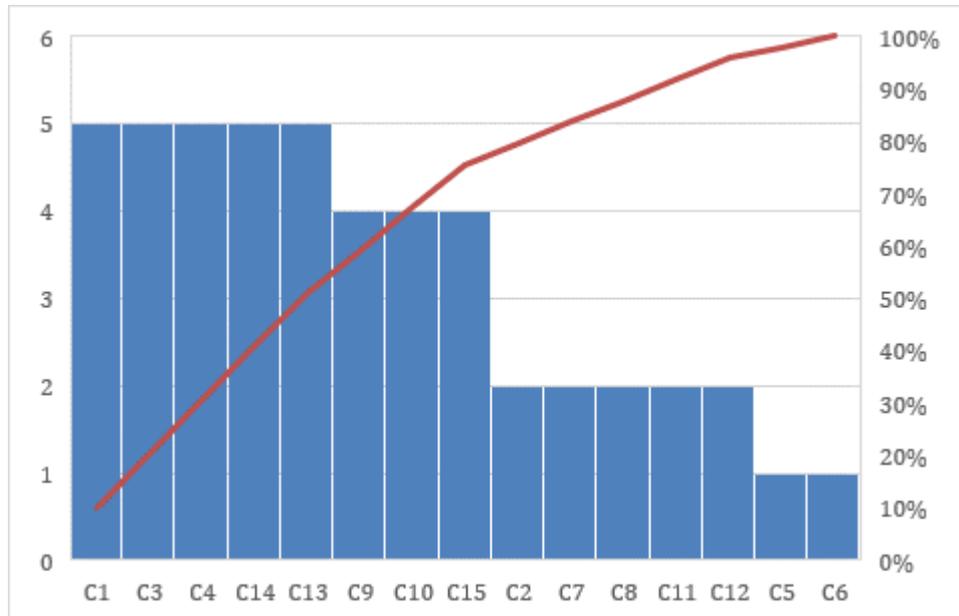


Figura N°11: Diagrama de Pareto. Fuente: Elaboración propia.

Se pueden observar que las causas con mayores niveles de importancia es la causa 1, 3, 4, 13 y 14.

#### 11.1.4.-MEJORAR

A través de la aplicación de la técnica brainstorming y diagrama de Ishikawa realizada por el equipo de trabajo se diseñan las siguientes estrategias de solución para las causas de mayor nivel de importancia que fueron elegidas en la etapa anterior. A cada estrategia se le considerara un nivel de riesgo con el fin de obtener su índice de criticidad, los niveles de criticidad más bajas serán las primeras en implementar.

## DESCRIPCION DE CAUSAS RAIZ Y ESTRATEGIAS

CAUSA	DESCRIPCION DE LA CAUSA	ESTRATEGIA	DESCRIPCION DE ESTRATEGIA
C1	El acopio de la materia prima es desarrollado en diferentes zonas de la región, originando la variación de los parámetros físicos de la materia prima.	E1	Mediante el registro y medición de los parámetros físicos de la materia prima determinar la mejor zona de acopio.
C3	La inestabilidad actual de los precios obliga a la compra inmediato de la materia prima incumpliendo los requisitos de calidad.	E2	Presentar una proyección de acopio anual.
		E3	Mediante análisis estadísticos encontrar la relación de precios en el tiempo para encontrar la mejor época de acopio.
C4	El incremento de altas temperaturas y fuertes lluvias han incrementado el porcentaje de mancha en materias primas.	E4	Mediante historial de épocas de lluvia en la región, evitar la compra por ese periodo de tiempo, asegurando el abastecimiento de materia prima, comprando antes y después de estos fenómenos.
C14	La poca inversión para la aplicación de procesos de mejora continua impide medir y encontrar las reales causas del problema	E5	Diseñar un plan económico para la implantación de programas de mejores continuas en los procesos de producción.
		E6	Contratación de personal calificado para la implementación de mejora continua en los procesos de producción.
C13	Los altos niveles de humedad influyen directamente en el incremento de granos cuarteado y granos manchados.	E7	Diseñar un método adecuado, detallando características en la adquisición de materias primas.

Tabla N° 9: Descripción de causas raíz y estrategias. Fuente: Elaboración propia.

## ANALISIS DE RIESGOS

PROBABILIDAD(P)	VALOR	CONSECUENCIA (C)		
		ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	3	9	6	3
MEDIA	2	6	4	2
BAJA	1	3	2	1

Tabla N° 10: Descripción de los niveles de probabilidad y consecuencia. Fuente: Elaboración propia.

## METODO DE ELABORACION DE RIESGOS

EVALUACION DE RIESGOS						
ESTRATEGIA	DESCRIPCION DE ESTRATEGIA	DENOMINACION	DESCRIPCION	VALORACION		ACCION
				Pf	Cf	
E1	Mediante el registro y medición de los parámetros físicos de la materia prima determinar la mejor zona de acopio.	R1	Falta de métodos para la medición e identificación de parámetros físicos	1	3	Diseño y elaboración de una metodología para la medición y análisis de los datos de materias primas.
E2	Presentar una proyección de acopio anual.	R2	Alta desviación en la proyección del acopio anual	1	3	Implementar metodología para el correcto análisis de datos y registro de desviaciones.
E3	Mediante análisis estadísticos encontrar la relación de precios en el tiempo para encontrar la mejor época de acopio.	R3	Mala elaboración de análisis estadísticos	1	3	implementación de modelos estadísticos eficientes.
E4	Mediante historial de épocas de lluvia en la región, evitar la compra por ese período de tiempo, asegurando el abastecimiento de materia prima, comprando antes y después de estos fenómenos.	R4	Perdida de los historiales de las épocas de lluvia	3	3	Implantación de programas de seguridad de la información.
E5	Diseñar un plan económico para la implementación de programas de mejores continuas en los procesos de producción.	R5	Falta de presupuestos para la implantación de procesos de mejora continua	3	3	Elaboración de presupuestos para la implantación de programas de mejora continua
E6	Contratación de personal calificado para la implementación de mejora continua en los procesos de producción.	R6	Escasa imagen empresarial para la atracción de talento profesional.	2	3	Crecimiento y desarrollo empresarial
E7		R7		2	3	

Diseñar un método adecuado, detallando características en la adquisición de materias primas.		Falta de diseños de metodologías para el proceso de acopio	6	Desarrollo de metodologías eficientes para el proceso de acopio.
--	--	--	---	--

Tabla N°11: método de análisis y evaluación de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Los índices de criticidad equivalen a los índices de riesgo, por lo tanto las primeras estrategias a implementar son las que cuentan con los niveles más bajos de criticidad como son el diseño y la elaboración de una metodología para la medición y análisis de los parámetros de la materia prima ,implementar metodologías para el correcto análisis de los datos, implementar modelos estadísticos eficientes, a continuación se describen las acciones de índice de criticidad con nivel medio, desarrollo de metodologías para procesos eficientes de acopio, desarrollo y crecimiento empresarial , por ultimo se describen las acciones con nivel de riesgo alto, elaboración de presupuestos para la implantación de programas de mejora continua y la implantación de programas de seguridad de la información.

### 11.1.5.-CONTROLAR

Para el control estadístico del proceso se utilizará la técnica de gráficos de control.

#### CUADRO DE MANDOS

CUADRO DE MANDOS INTEGRAL				
PERSPECTIVA	OBJETIVO ESTRATEGICO	INDICADORES	META	ACCION
FINANCIERA	Incremento de ingresos por el mayor consumo y aceptación de la calidad en el producto.	% de incremento de ventas anuales	10% anual respecto al año anterior	Implantación de programas de mejora continua
		% de incremento anual en el consumo de producto	15% anual respecto al año anterior	Contratación de personal altamente capacitado.
CLIENTES	Satisfacer las necesidades de los clientes	% de reducción de reclamos	5% menos respecto al año anterior	Implementación de estrategias de mercado.
		% de clientes nuevos	10% más respecto al año anterior	Desarrollo de la innovación en sus productos.
PROCESOS INTERNO	Estandarización de los procesos de acopio	% de disminución de la desviación en la adquisición de materias primas	5% menos respecto al año anterior	Desarrollo de metodologías ara la estandarización de procesos de producción
		% de lotes rechazados por el área de control de calidad.	10% menos respecto al año anterior	
APRENDIZAJE Y DESARROLLO	Formación y capacitación al personal de la empresa	% en el número de capacitaciones	20% más respecto al año anterior	Evaluación constante del personal de la empresa
		% de renuncias	15% menos respecto al año anterior	Inversión para la contratación de profesionales altamente capacitados quienes brinden formación al personal de la empresa.

Tabla N° 12: Diseño de cuadros de mandos. Fuente: elaboración propia.

---

## 12.-RESULTADOS

Durante tres meses, se registraron datos físicos de las muestras de arroz por cada lote que se sometió al proceso de añejamiento, registrando datos como la humedad, cuando el arroz se encuentra ya pilado y las manchas, que se forman durante el proceso de añejamiento. A continuación, se presentan los siguientes resultados.

Como podemos visualizar en la figura N°8, mientras la humedad va en aumento, los niveles de mancha que se forman son cada vez más alto, siendo la mancha considerada como un defecto en la calidad del producto final, origina mayor incremento en los costos de producción, ya que dicha mancha tendrá que ser retirada por un proceso de selección, lo cual posteriormente se convertirá en rechazo, siendo este un subproducto de menor valor.

La relación que encontramos entre la humedad y la mancha es directamente proporcional, a mayor humedad, mayor formación de granos manchados, encontrando una correlación mediante el grafico de dispersión de 0.9.

Económicamente el arroz como materia prima en el mercado actual es vendido en 155 soles , el rechazo considerado como subproducto es comercializado por 60 soles , originado una pérdida de 95 soles por cada saco de rechazo obtenido después de un proceso de selección , por cada 100 sacos de producto terminado , considerando 1% de mancha, equivale en 0.6 céntimos en incremento al costo final de la producción, ahora imaginemos la formación de granos manchados en un 20% , el costo de producción se elevaría en 12 soles por cada saco de producto terminado ; es aquí en donde se ve reflejado la importancia de realizar procesos eficientes con materias primas en óptimas condiciones, para poder garantizar un producto de buena calidad y un costo atractivo de producción para poder ser altamente competitivo en el mercado actual. Así mismo podemos observar mediante la figura N°9 la relación del cuarteado con la humedad, mientras más alta es la humedad mayor son los porcentajes de granos cuarteados que se forman, encontrando una correlación de 0.8.

**PRESENTACION DE RESULTADOS:**  
**RELACION HUMEDAD VS PORCENTAJE DE GRANOS MANCHADOS**

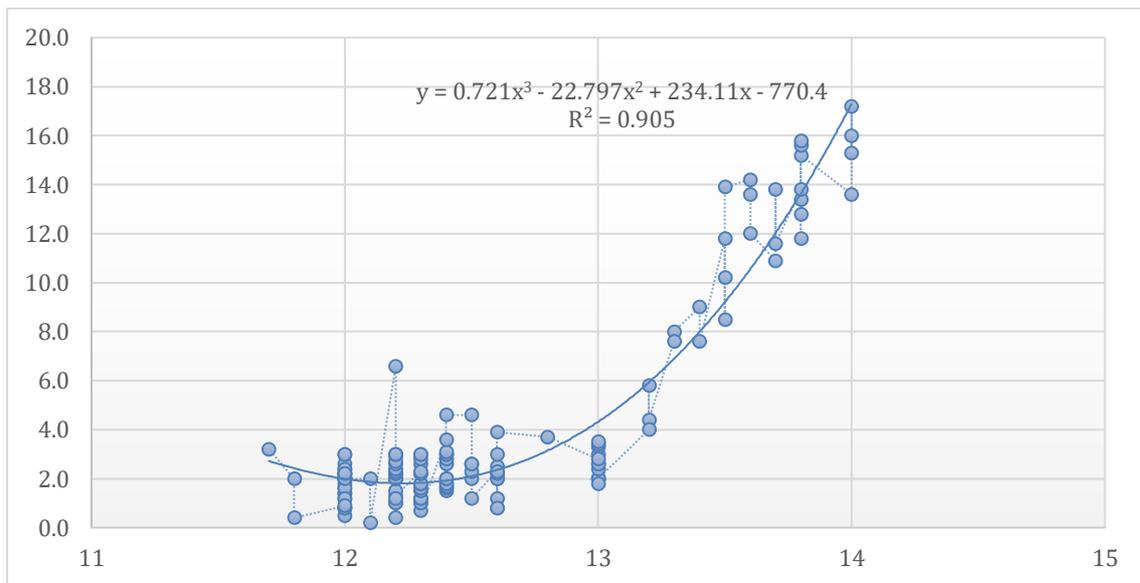


Figura N°8: Relación de humedad-porcentaje de granos manchados. Fuente: Elaboración propia.

**RELACION DE HUMEDAD VS PORCENTAJE DE GRANOS CUARTEADOS**

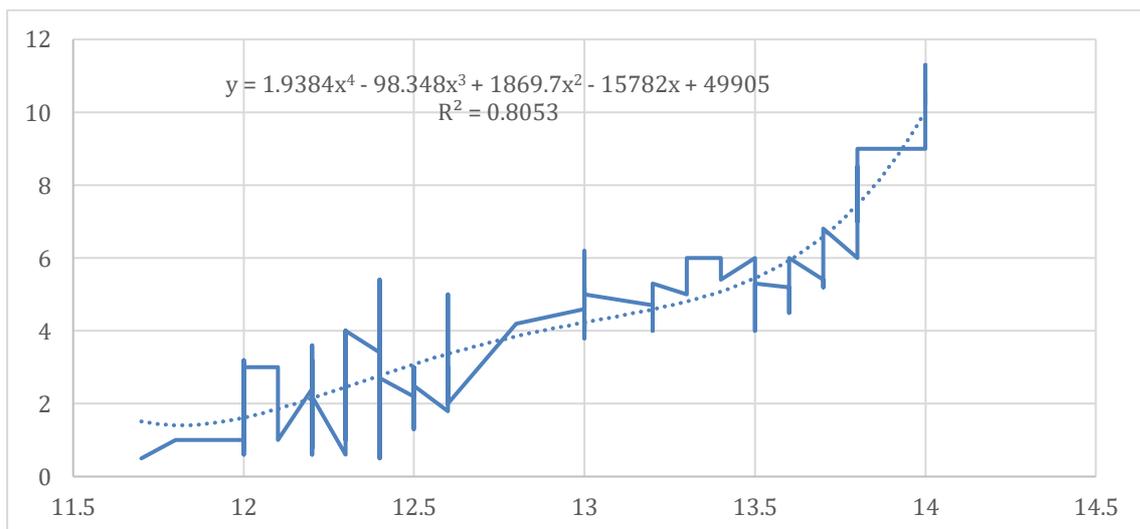


Figura N°9: Relación de humedad-porcentaje de granos cuarteados. Fuente: Elaboración propia.

---

### 13.-DISCUSIÓN

-Aguirre (2011), en su investigación titulada “Diseño e implementación de un horno automático de secado y envejecido de arroz para la procesadora PROYELEC INGENIERÍAS. FASE su objetivo consiste en “Diseñar e implementar un horno automático de secado y envejecido de arroz para ello utilizo la metodología de análisis de la materia prima para poder determinar el % de humedad, considerando para el proceso de envejecimiento de arroz un valor entre 14% y 16% de humedad, sin embargo en este estudio se recomienda añejar los granos de arroz con una humedad optima entre 11.5% y 12.5 % de humedad y se concluye que mientras la humedad sea más alta, influenciara en el incremento de manchas , lo cual elevara los costos de producción.

- Jose Alberto Villanueva Zapata (Peru-2022), en su investigación titulada “Propuesta de un sistema de control de temperatura en el proceso de añejado para mejorar las características del arroz”, señala que El Molino del Agricultor SAC presenta un problema en las características del arroz añejado debido a la variabilidad de temperatura que ocurre en el proceso de añejado para ello se implementó un sistema de control de temperaturas, con ello se logró aumentar la eficiencia de producción de 94.6% a 95.7%, además se obtuvo una mejora del proceso de 57,14% que se ve reflejado en la reducción de la cantidad de subproductos; en este estudio el proceso de añejamiento artificial está controlado por un software donde envía una gráfica mostrando tiempos y temperaturas , con lo cual podemos concluir que ambos estudios consideran de vital importancia el uso de un sistema de control de temperaturas para garantizar el desarrollo eficiente del proceso de añejamiento , esto ayudará a tener lotes más uniformes con lo cual se reflejara en la reducción de subproductos y en la disminución de los costos de producción.

---

-Cruz Diana Petronila Mondragon (Peru-2019), en su investigación “Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Añejamiento Artificial de Arroz, Sobre Sus Características fisicoquímicas” tiene como objetivo evaluar el efecto de la Temperatura y el Tiempo en el proceso de añejamiento de arroz sobre sus características Fisicoquímicas, concluyendo en el procedimiento de verificación que conlleva al monitoreo necesario para poner el proceso bajo control en temperatura y evitar desviaciones fuera de los límites establecidos en cada etapa del proceso de añejamiento artificial. En este estudio se utilizan sistemas de control de temperatura ya que mediante su uso se asegura una calidad más uniforme en el producto final, contribuyendo a la reducción de subproductos, lo que originaran costos de producción más atractivos.

-García Niquén, Gianfranco Celino (Peru-2019), en su investigación Mejora de la calidad del arroz pilado a través de la optimización de procesos, usando la metodología six sigma en la empresa Molino & Cia Semper SAC Lambayeque, tiene como finalidad lograr la optimización de la calidad del producto de arroz pilado, al finalizar el estudio logran encontrar que una de las causas es el mal manejo del proceso de secado , por lo cual realizan mejoras en el proceso y así obtienen mayor niveles de granos enteros ; en este estudio se aplica la metodología Six Sigma en el proceso de añejamiento para encontrar la relación de variables humedad-mancha, humedad-granos cuarteados, encontrando causas raíz mediante el análisis del problema, así mismo se establecen estrategias y alternativas de solución mejorando la eficiencia del proceso de añejamiento. En ambos casos utilizando la metodología Six Sigma se logran cumplir con los objetivos de la investigación, lo que confirma el valor de la aplicación de esta metodología en los procesos de alimentos.

---

## 14.-CONCLUSIONES

1.-Mediante la aplicación de la metodología six sigma se analizaron la correlación de las variables como la humedad del arroz ya pilado, el porcentaje de mancha originada en el proceso de añejamiento y el porcentaje de granos cuarteados, dando como resultado una relación directamente proporcional, es decir mientras mayor sean los niveles de humedad, mayor será el porcentaje de mancha y el porcentaje de los granos cuarteados.

2.-El estudio de las causas del incremento en el porcentaje de mancha y en el porcentaje de granos cuarteados, es de vital importancia para diseñar alternativas de solución, las cuales podrán ser aplicadas en los procesos de producción, así mismo medir los índices de riesgos de las estrategias de solución ayudara a reducir el impacto de estos cambios en los procesos de producción.

3.-El desarrollo de la tecnología en la actualidad cada vez es mayor , por lo mismo los niveles de exigencia del mercado , crece cada día más , por lo cual las empresas necesitan implementar metodologías para que sus producto o servicio se diferencien de las competencias , sean atractivos y logran brindar verdaderos beneficios a los clientes , el uso de la metodología Six Sigma ayuda a realizar un análisis general de los proceso de fabricación , ayuda a optimizar los recursos , disminuir tiempos , reducir defectos y disminuir la variabilidad de sus productos , todo ello ayudara a que las empresas se conviertan en lideres dentro de sus rubros , incrementará su desarrollo y crecimiento comercial, así mismo logran ser más eficientes y altamente competitivas.

---

## **15.-RECOMENDACIONES**

1.-Para la toma y análisis de muestra se recomienda, trabajar con un solo analista y un solo equipo de medición para disminuir los niveles de desviación de los datos a recopilar.

2.-Para la recopilación de datos se necesita la garantía de una correcta calibración de los quipos a utilizar.

3.-Una correcta aplicación de metodología para análisis de datos ayudara a validar la veracidad de los datos.

4.-La elección de un correcto equipo de trabajo es clave para el desarrollo de la metodología six sigma, se recomienda elegir al personal de mayor experiencia y con mayor formación profesional, ya que técnicas como brainstormig son las más usadas en el desarrollo de la metodología, por lo tanto se necesita contar con un criterio eficiente y conciso.

---

## **16.-FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACION**

### **-Optimización de procesos en alimentos, proceso de secado:**

El proceso de secado tiene como objetivo principal dejar con un determinado porcentaje de humedad los granos de arroz, los cuales posteriormente serán pilado, medir la desviación del proceso, ayudará a tener un producto mas homogéneo, hecho que ayudara en el proceso de añejamiento ya que se contarán con materias primas más estables y con mayor homogeneidad.

### **-Optimización de procesos de pilado.**

Medir la desviación del proceso de pilado y trabajar para disminuirla, ayudara a conseguir materias primas mas homogéneas para usarlas en el proceso de añejamiento lo cual será de mucho beneficio para que el proceso se desarrolle de forma eficiente.

### **-Aplicación de nuevas metodologías para la optimización del proceso de añejamiento.**

El estudio y la aplicación de nuevas metodologías para el proceso de añejamiento, se enfocará en otros temas o detalles que ayude a que el proceso se desarrolle más eficientemente, cada metodología tiene diferentes estructuras de trabajo, sin embargo, aplicando otras metodologías permitirá al investigador escoger el mejor camino que garantice asumir menos riesgos y emplear menos recurso.

---

## 17.-BIBLIOGRAFIA:

- Becerra Gil Edward Issac (2022). Propuesta de un sistema de control de temperatura en el proceso de añejado para mejorar las características del arroz. Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrobojo. Repositorio Institucional de la USAP. [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4879/1/TL\\_BecerraGilEdward.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4879/1/TL_BecerraGilEdward.pdf)
- Mondragón Cruz Diana Petronila (2019). Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Añejamiento Artificial de Arroz, Sobre Sus Características fisicoquímicas. . Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Repositorio Institucional de la UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8221>
- Aguirre Cueva. Juan Fernando (2011). Diseño e implementación de un horno automático de secado y envejecido de arroz para la procesadora Proyelec del Ingenierías Fase I. Tesis para optar el título Ingeniería en Electrónica.Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Repositorio Institucional ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4555>.
- García Niquén, Gianfranco Celino (2019). Mejora de la calidad del arroz pilado a través de la optimización de procesos, usando la metodología Six Sigma en la empresa Molino & Cia Semper SAC Lambayeque. Tesis para optar el título de Ingeniero industrial. Universidad Señor de Sipán. Repositorio de USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6486>
- Castillo Niño A. (2007). Molinería de arroz, Primera edición. Bogotá. Editorial: Ediagro Ltda.
- Castillo Niño A. (2007). Molinería de arroz (2ºed), Bogotá. Editorial: Ediagro Ltda.
- Arango Martínez D.M., Ángel Álvarez B.E. “Plan de implementación Six Sigma en el proceso de admisión de una institución de educación superior”. Prospect. Vol. 10, No. 2, Julio - Diciembre de 2012, págs. 13-21.
- Flores Ávila E., Varela Loyola J.A., Gallardo García D., Tolamatl Michcol J. “Aplicación de Seis Sigma en una microempresa del Ramo Automotriz”. Conciencia Tecnológica No. 42, Julio-Diciembre 2011.
- Buestán M. “Aplicación de la metodología Seis Sigma para reducir la pérdida de café al granel en una planta de envasado”. LACCEI August 14-16 Cancún, México.

---

-Yepes Víctor E., “Aplicación de la metodología Seis Sigma en la mejora de resultados de los proyectos de construcción”. UPV

- Moritaka, S. and Yasumatsu, K. (2012). Studies on cereals. X. The effects of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. *Eiyo To Shokuryo* 25: 59–62.



















