



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE
CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE**

Douglas Alexander Sicajá Aldi

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR
LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE
CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DOUGLAS ALEXANDER SICAJÁ ALDI

ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATA REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Singrid Alitza Calderón De León De De León
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, marzo 2009



Douglas Alexander Sicajá Aldi



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de enero de 2010.
Ref.EPS.DOC.19.01.10.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Douglas Alexander Sicajá Aldi**, Carné No. **200011588** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCION DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE”**.

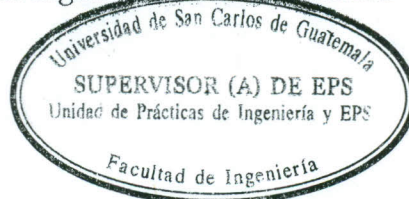
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Edwin Josué Ixpata Reyes
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



EJIR/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de enero de 2010.
Ref.EPS.D.22.01.10

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Gómez Rivera.

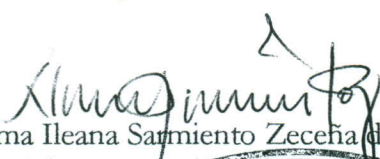
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCION DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Douglas Alexander Sicajá Aldi** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Edwin Josué Ixpata Reyes.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

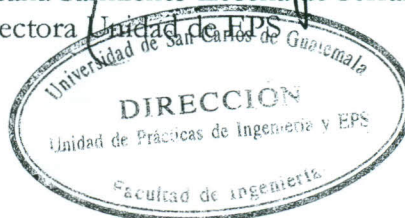
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Alexander Sicajá Aldi**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial


Guatemala, enero de 2010.

/mgp



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Alexander Sicajá Aldi**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial




Guatemala, febrero de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Alexander Sicajá Aldi**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Gympo Paiz Reinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2010.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Mi padre que me regalo la vida y la sabiduría para que alcanzara mi sueño, porque ha estado conmigo en cada momento difícil y protegiéndome.

MIS PADRES

José Antonio y Lidia, porque gracias a su sacrificio, amor y comprensión me guiaron para alcanzar este sueño, infinitas gracias mis queridos padres.

MI ESPOSA E HIJO

Cindy y Jeshua, por ser mi ilusión y mi principal fuente de inspiración, por el amor y la motivación que nace en nuestra familia, por ser mi fuerza para luchar y por la paciencia que me han tenido, en especial tú Jeshua, por los momentos que no he podido compartir contigo. Te quiero hijo!

MI HERMANO

José Ariel, por su cariño y apoyo incondicional, porque cada vez que necesito palabras de aliento, están presentes.

MIS ABUELOS	Papa Luis, Mama Guadalupe y Mama Marta, porque sé que estaba presente en sus oraciones, gracias por los sabios consejos.
MIS TÍOS Y PRIMOS	Por ser parte importante de mi vida y porque siempre he contado con ellos, en especial a tía Lucy, por ser como mi segunda madre, y Gaby, por ser como mi hermana.
MIS SUEGROS:	Luis y Violeta, por sus palabras y apoyo incondicional.
LOS INGENIEROS	Edwin Ixpata y Francisco Pivaral, por su apoyo y consejos y en especial a Dieter Magermans, por enseñarme y porque gracias a él he crecido profesionalmente.
MIS AMIGOS	Gracias por su amistad y cariño.
LA FACULTAD DE INGENIERÍA	Porque desde el primer día que llegué a clases forma parte de mi vida.
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.
SAN JOSÉ PINULA	Pedacito de tierra que me vio nacer, cuna de gente trabajadora y honesta que engrandece a Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI

1. ASPECTOS GENERALES CEREALES, S.A.

1.1. Historia de la empresa	1
1.2. Misión y visión	1
1.3. Ubicación en el mercado nacional	2
1.4. Perspectiva de los cereales	2
1.5. Crecimiento de la empresa	3

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Extrusión	5
2.1.1 El proceso de extrusión en seco	8
2.1.2 El proceso de extrusión en húmedo	8
2.1.3 Gelatinización en el proceso de extrusión	9
2.1.4 Efecto de la extrusión sobre la proteína	13

2.1.5 Efecto de la extrusión sobre la fibra	14
2.1.6 Vitaminas durante el proceso de extrusión	14
2.1.7 Amilasa y gelatinización del arroz	15
2.2 Grados brix	15

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE

3.1 Análisis de la organización	
3.1.1 Análisis FODA planta de cereales	17
3.1.2 Descripción general del proceso	22
3.2 Almacenamiento	24
3.2.1 Materias primas	24
3.2.1 Características principales	25
3.2.2 Molienda	25
3.2.3 Granulometría del arroz	28
3.2.4 Propiedades del arroz	29
3.2.2 Producto sin recubrimiento	30
3.3 Etapa de extrusión	30
3.3.1 Diagrama de flujo del proceso	31
3.3.2 Fase de preparación del equipo	32
3.3.2.1 Preparación del grupo de corte en el extrusor	33
3.3.2.2 Preparación de molde de arroz	35
3.3.2.3 Procedimiento de limpieza	35
3.3.2.3.1 Puntos críticos de contaminación	36
3.3.2.3.2 Métodos de limpieza	37
3.3.2.3.3 Errores comunes de limpieza	38
3.3.2.3.4 Herramientas y utensilios de limpieza	38
3.3.3 Fase de arranque del proceso	38
3.3.3.1 Problemas comunes	39

3.3.3.2 Características de calidad del producto	43
3.3.3.2.1 Humedad	43
3.3.3.2.2 Densidad	43
3.3.3.2.3 Apariencia	44
3.3.3.3 Fase de estabilización del producto	44
3.3.3.4 Desperdicio en etapa de arranque	45
3.3.3.4.1 Causas comunes	46
3.3.3.5 Capacidad de producción	46
3.3.3.5.1 Problemas comunes en el aumento de capacidad	47
3.4 Etapa de recubrimiento	47
3.4.1 Preparación de equipo	48
3.4.2 Jarabe	50
3.4.2.1 Procedimiento de preparación	51
3.4.2.2 Tiempo de cocimiento	52
3.4.2.3 Grados brix	53
3.4.2.4 Problemas comunes	53
3.4.3 Fase de arranque	53
3.4.3.1 Velocidad del tumbler	54
3.4.3.2 Capacidad de producto a recubrir	55
3.4.3.3 Porcentaje de jarabe	55
3.4.3.4 Problemas comunes	57
3.4.4 Etapa de secado	58
3.4.4.1 Presión de vapor	60
3.4.4.2 Temperatura	61
3.4.4.3 Rociador de producto	61
3.4.4.4 Velocidad de banda	61
3.4.4.5 Enfriamiento	62

3.4.4.5.1 Problemas comunes	62
3.4.6 Capacidad de producción en etapa de recubrimiento	63
3.4.7 Boquillas de aplicación del jarabe	64
3.4.8 Problemas comunes	65
3.4.9 Limpieza del equipo	65
3.4.9.1 Métodos de limpieza	65
3.5 Control de la producción	66
3.5.1 Registros de variables de los equipos	66
3.5.2 Indicadores de productividad	67
3.5.3 Indicadores de calidad	69
3.5.4 Indicadores de eficiencia	69
3.6 Personal operativo	70
3.6.1 Entrega de turnos	72
3.6.2 Relevos	72
3.6.3 Evaluación del operador	72
3.7 Supervisión	73
3.7.1 Control de los puntos críticos	73
3.7.2 Monitoreo	73
3.7.3 Frecuencia	74
4. NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DEL CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE	
4.1 Etapa de molienda	75
4.1.1 Procedimiento de limpieza	75
4.1.2 Preparación del molino	77
4.1.2.1 Cernedores	77
4.1.2.2 Verificación el equipo	77

4.1.2.3	Registro de verificación de limpieza	78
4.1.2.4	Diagrama de flujo	79
4.1.4	Control de calidad	80
4.2	Almacenamiento	80
4.2.1	Condiciones de almacenamiento de materia prima	81
4.3	Procedimiento de limpieza	81
4.3.1	Puntos de limpieza profundos	82
4.3.2	Utensilios y herramientas de limpieza	83
4.3.3	Asignación del personal por área	84
4.3.4	Establecimiento de un tiempo estándar	85
4.3.5	Metodología	85
4.3.6	Verificación	86
4.4	Etapa de extrusión	88
4.4.1	Preparación del equipo	88
4.4.1.1	Grupo de corte	88
4.4.1.2	Moldes	90
4.4.1.3	Seguridad	91
4.4.2	Procedimiento de operación	91
4.4.2.1	Fase de arranque de extrusión	92
4.4.2.2	Puntos óptimos de operación de los equipos	95
4.4.2.3	Fase de estabilización del proceso de extrusión	95
4.4.2.3.1	Medición de características del producto	96
4.4.2.3.1.1	Densidad	96
4.4.2.3.1.2	Humedad	96
4.5.2.2.3	Especificaciones del producto	99
4.5.2.2.3.1	Capacidad de extrusión	99
4.5.2.2.4	Almacenamiento	102
4.5	Etapa de recubrimiento	102

4.5.1 Preparación del jarabe	102
4.5.1.1 Orden para hacer mezcla	103
4.5.1.2 Tiempo de cocimiento	105
4.5.1.3 Temperatura	105
4.5.1.4 Grados brix	105
4.5.2. Procedimiento de recubrimiento	106
4.5.2.1 Velocidad del tumbler	106
4.5.2.2 Relación de producto y jarabe	106
4.5.3 Medición del porcentaje de azúcar	107
4.5.4 Etapa de secado	110
4.5.4.1 Velocidad de bandas de secadora	110
4.5.4.2 Presión	110
4.5.4.3 Posición del rociador	110
4.5.4.4 Límite de capacidad	111
4.6 Rediseño del formato de registros de producción	111
4.6.1 Hojas de control	111
4.6.1.1 Frecuencia	117
4.6.1.2 Verificación	117
4.6.1.3 Datos para indicadores	117
4.6.2 Hoja de entrega de turno	118
4.6 Evaluación del sistema de control de la producción	119
4.6.4 Gráficos de control	120
4.6.5 Reportes estadísticos	120
4.6.6 Indicadores de productividad y eficiencia	121
4.7 Capacitación al personal operativo	126
4.7.1 Capacitación para el llenado de formatos	127
4.7.2 Capacitación del procedimiento operativo	127
4.7.3 Capacitación de los puntos críticos del proceso	128

5. PLAN DE CONTINGENCIA

5.1 Identificación de puntos de riesgo de accidente.	129
5.1.1 Nivel de riesgo	130
5.1.2 Historia	130
5.1.3 Tipo de prevención actual	131
5.1.4 Revisión de la señalización	131
5.2 Ruta de evacuación	132
5.2.1 Simulacros	133
5.3 Extintores	133
5.3.1 Tipos de extintores	134
5.3.2 Análisis y ubicación de hidrantes	134
5.4 Capacitación	134
5.4.1 Qué hacer en caso de un incendio	135
5.4.2 Uso de extintores	135

6. COSTO DEL PROYECTO

6.1 Costo directo	137
6.1.1 Mano de obra	137
6.2 Costo indirecto	138
6.2.1 Mobiliario y equipo	138
6.2.2 Papelería y útiles	139
6.2.3 Capacitaciones	139
6.3 Resumen costo de la inversión	140
6.4 Recuperación de la inversión	140
6.4.1 VAN	140
6.4.2 TIR	143

CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Modelo extrusor	6
2	Salida del producto extruido sin corte	6
3	Estructura de la amilopectina	10
4	Comparación de gelatinización antes de la extrusión y	12
5	Proceso de texturizado y gelatinizado	12
6	Refractómetro	16
7	Diagrama de Ishikawa molienda	27
8	Molino de martillo	29
9	Cernedores o tamices	29
10	Grupo de corte	34
11	Pareto problemas extrusión	42
12	Tumbler de recubrimiento	47
13	Pareto etapa de recubrimiento	58
14	Sistema de secado	60
15	Diagrama de Ishikawa etapa de recubrimiento	62
16	Gráficos de control de humedad	98
17	Gráfico de control de alimentación en el extrusor	101
18	Gráficos de control de azúcar	108
19	Histograma de Cpk del proceso de recubrimiento	109
20	Gráficas para controlar el proceso de extrusión	120
21	Gráficos de eficiencia por operario	125
22	Ruta de evacuación	132
23	Gráfico Cpk desperdicio	142

TABLAS

I	Capacidad de molienda y granulometría obtenida	28
II	Resumen diagrama de flujo	32
III	Comprobación de ruptura de las cuchillas	34
IV	Pareto con frecuencias acumuladas	42
V	Preparación actual del jarabe y los grados brix	51
VI	Evaluación del orden de los ingredientes y grados brix	52
VII	Determinación velocidad del tumbler de recubrimiento	54
VII	Determinación del porcentaje de humedad recubrimiento	56
IX	Análisis Pareto problemas en la etapa de recubrimiento	57
X	Productividad factor humano	68
XI	Resumen diagrama de flujo proceso de molienda	80
XII	Utensilios de limpieza y ubicación de uso	83
XIII	Asignación de personal para limpieza y tiempo estándar	84
XIV	Resumen de tiempo de limpieza	85
XV	Análisis de seguimiento y mejora	113
XVI	Tabla para el cálculo de productividad factor humano	122
XVII	Resumen proyección de productividad	122
XVIII	Datos para gráficos de control y rendimientos	124
XIX	Datos para la medición de eficiencia por operador	125
XX	Identificación de riesgo y peligrosidad	129
XXI	Ubicación de extintores	131
XXII	Costo mano de obra	137
XXIII	Costo mobiliario y equipo	138
XXIV	Costo papelería y útiles	139
XXV	Costo capacitación	139
XXVI	Costo Kg de desperdicio	140
XXVII	Proyección ideal de costo y desperdicio	141

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
%	Porcentaje
°C	Grados Centígrados
cm	Centímetros
rpm	Revoluciones por minuto
>	Mayor que
<	Menor que
°Bx	Grados Brix
gr	gramo
UFC/mL	Unidades formadores de colonia por mililitro.
NPM/g	Número de partes por millón por gramo
Kg	Kilogramos
Kg/h	Kilogramo por hora
Bar	Presión de vapor
CO ₂	Dióxido de carbono
(C ₆ H ₁₀ O ₅ .H ₂ O) _n	Estructura química del almidón.

GLOSARIO

Acondicionado

Fase del proceso donde se agrega vapor a las harinas y se inicia el proceso de hidratación de los almidones.

Aminoácido

Los aminoácidos son las unidades elementales constitutivas de las moléculas denominadas proteínas con los cuales el organismo reconstituye permanentemente sus proteínas específicas consumidas por la sola acción de vivir.

Brix

Escala de medición (%) muestra el porcentaje de concentración de los sólidos solubles contenidos en una muestra de solución con de agua.

Celulosa

La celulosa es un hidrato de carbono polimérico que se encuentra en las paredes de las células de las plantas.

Ciclón

Los ciclones remueven partículas pequeñas por medio de una corriente de aire generado por fuerza centrífuga

Coliformes Totales

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

E. Coli

Bacteria unicelular que se encuentra generalmente en los intestinos animales y por ende en las aguas negras. Esta bacteria es capaz de crear infecciones.

Expansión

Cambio en el producto que se origina por el cambio de estado que sufre el agua en el instante que la mezcla con agua sale del extrusor.

Extrusión

La extrusión es un proceso usado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.

Glucosa

La glucosa es un azúcar que es utilizado por los tejidos como forma de energía al combinarlo con el oxígeno.

Granulometría

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Hidrólisis

Se llama así a la reacción química del agua con compuestos orgánicos o inorgánicos, que se basa en la ruptura de un enlace covalente.

Lipasa

La **lipasa** es una enzima ubicua que se usa en el organismo para disgregar las grasas de los alimentos de manera que se puedan absorber.

Lisina

La **lisina** es un aminoácido componente de las proteínas sintetizadas por los seres vivos. Es uno de los 8 aminoácidos esenciales para los seres humanos.

Refractómetro

Es un instrumento óptico que mide la concentración de sacarosa de una solución basada en el índice de refracción que produce la luz en dicha solución.

Salmonella

La *Salmonella* es una bacteria no demasiado resistente a las condiciones ambientales, tales como luz solar, desecación, concentraciones elevadas de sal o calor. Sin embargo, es la responsable de casi la mitad de los casos de infecciones de origen alimentario que se diagnostican en los hospitales

Torque

El **par motor** es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

Tumbler

Dispositivo que se utiliza para revolver y homogenizar el jarabe y el producto en los cereales.

RESUMEN

En el capítulo uno se encuentra una breve historia de la empresa y la justificación que junto con el análisis FODA que permiten definir las estrategias necesarias para la implementación de la propuesta del proyecto. El capítulo dos de este proyecto inicia con la teoría sobre extrusión de alimentos. Esta teoría se utilizó para poder conocer el proceso y determinar los procedimientos de operación.

En el capítulo tres se encuentra la situación actual del proceso de extrusión de cereal de arroz recubierto con chocolate en cada una de sus etapas, las deficiencias actuales, los indicadores de productividad y eficiencia antes de la implementación de este proyecto y las oportunidades de mejora, para cada una de las etapas se encuentran los análisis como Pareto, Ishikawa o tablas de datos que se utilizaron para determinación de los problemas y su solución, en cada etapa del proceso dentro de este capítulo se incluye una descripción del problema.

La propuesta del nuevo sistema de control de producción que incluye las acciones correctivas con procedimientos de operación, verificaciones, hojas de control de proceso incluyendo las variables críticas, los indicadores de eficiencia, productividad después de la implementación y las herramientas estadísticas para la mejora continua del proceso se encuentra en el capítulo cuatro.

Dentro del proyecto se incluye dos capítulos más, el capítulo cinco contiene plan de contingencia que describe los análisis de riesgo en la planta, los cuidados necesarios y la ruta de evacuación en caso de un siniestro. Y finalmente el capítulo seis contiene información sobre el costo y los recursos necesarios para la implementación de este proyecto.

OBJETIVOS

GENERAL

Rediseñar un control en la producción de cereal a base de arroz con chocolate que permita mantener la calidad, facilitando el trabajo del operador, mediante un procedimiento estándar que implica registros y que mediante la información incluida se pueda mantener controlada la producción.

ESPECÍFICOS:

1. Conocer el proceso y operar.
2. Analizar el proceso actual mediante datos estadísticos y otras herramientas de ingeniería de producciones anteriores y actuales para detectar las oportunidades de mejora.
3. Buscar mediante la práctica, la experiencia de operadores e Ingenieros los puntos óptimos de los equipos que componen la línea y en especial los puntos clave del proceso.
4. Establecer un procedimiento operativo estándar.
5. Capacitar al personal de temas que ayuden a mejorar el proceso y facilitar el trabajo de ellos.

6. Crear o modificar las hojas de control para el proceso con los nuevos parámetros para el uso óptimo de los equipos.
7. Establecer el monitoreo o la evaluación del sistema
8. Establecer dentro del rediseño la mejora continua del proceso mediante el seguimiento de las acciones correctivas u oportunidades de mejora, creando periodicidad de revisión y análisis.

INTRODUCCIÓN

En un proceso de producción se debe conocer lo que sucede en cada una de las etapas durante todo el proceso, desde las materias primas hasta las variables en los equipos como presión, velocidades u otras variables que puedan variar especialmente las variables críticas para poder mejorarlo.

Para proceder con la mejora es importante establecer los indicadores que se van a medir, la productividad y la eficiencia son indicadores importantes que permiten evaluar el factor humano y los insumos necesarios para la producción. Continúe con la evaluación de la situación actual para determinar todas las oportunidades de mejora y del análisis de esta etapa se crearán los procedimientos, las evaluaciones, las revisiones y los registros necesarios para mantener y controlar un proceso productivo.

Mejorar un proceso de producción implica aplicar la mejora continua que incluya procedimientos, monitoreos, validaciones, revisiones, registros y que mediante el análisis se puedan tomar las acciones necesarias para optimizar los equipos y controlar las variables críticas durante la producción, sin embargo, nada de esto es funcional si el personal operativo no está comprometido con las metas y el trabajo en equipo. Los procedimientos y las acciones correctivas no se cumplen si el personal operativo no es consciente y está comprometido con la mejora,

Dentro de la implementación de una mejora la mayor parte del trabajo en un proceso depende del personal, ellos son la esencia dentro de un proceso de producción y se les debe dar las herramientas necesarias para que su trabajo sea simple y así crear un ambiente adecuado que contribuya junto con otros aspectos a la motivación.

Y por último, nunca se debe olvidar el involucramiento de la alta dirección en cuanto a los recursos, el apoyo de ideas que nazcan de los operarios y la participación en cada una de las etapas dentro del ciclo de mejora continua, desde la planificación hasta la validación y la toma de decisiones.

1. ASPECTOS GENERALES CEREALES, S.A.

1.1. Historia de la empresa

Cereales es una empresa con más de 40 años de experiencia y liderazgo en la elaboración y distribución de productos alimenticios nutritivos, su objetivo principal es ofrecer a los consumidores productos de alta calidad fácilmente disponibles, por esa razón se han creado más líneas de producción y exportaciones a Centroamérica, Panamá, Estado Unidos y República Dominicana.

En 1965 se funda Cereales Populares de Centroamérica con el objetivo de producir y distribuir toda clase de productos alimenticios con el adecuado uso de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales y la aplicación de procesos competentes, desde entonces se cuenta con una rama de productos masivos de preferencia para la población, En 1968 cambia su razón social a Cereales S.A. y desde entonces y gracias a la aceptación de los consumidores ha desarrollado e introducido al mercado una serie de productos de éxito.

1.2. Misión y visión

Alimentamos hoy y siempre bienestar y satisfacción mediante innovación y mejora continua de nuestros procesos.

Creemos en la importancia de brindar un excelente servicio al cliente, produciendo y comercializando alimentos de calidad y valor que superen las expectativas de los consumidores.

Confiamos en el éxito y crecimiento, en el desarrollo de nuestro recurso humano, el apoyo de nuestras marcas y en la incursión a nuestro mercado, invertimos para entregar a nuestros colaboradores, socios, accionistas y a la comunidad en general excelentes beneficios.

1.3. Ubicación en el mercado nacional

Debido a su gran participación en el mercado se crearon varias distribuidoras en todo el país, como Central de Cereales.

Hoy este grupo de empresas es una de las más importantes en el ramo de la fabricación y distribución de productos alimenticios en la región. Muchos de sus productos tienen la misma edad de la empresa.

1.4. Perspectiva de los cereales

Actualmente se tienen estadísticas que el mercado de los cereales está en aumento, esto debido a la cantidad de nutrientes de los cuales se puede constituir. Dentro de los principales ingredientes están: avenas, maíz, arroz o trigo.

Los cereales pasaron a formar desde hace poco tiempo parte de la dieta que todo ser humano diariamente debe consumir, adicionalmente, los actuales productores de alimentos agregan vitaminas y minerales a los cereales para que éstos sean una fuente más de nutrientes, aunque se piensa que la mayoría de los consumidores son niños, los adultos toman un papel importante pues saben que los nutrientes presentes en un cereal son de beneficio para el desarrollo físico y mental de sus hijos. Estudios de mercado demuestran que los cereales y la oferta han crecido en los últimos 10 años, se espera un crecimiento anual del 10%.

1.5 Crecimiento de la empresa

La empresa se encuentra en plena etapa de crecimiento en un mercado competitivo, una de las principales metas que Cereales, S.A. tiene es cumplir la expectativa del cliente, es por eso que dentro de cada proceso mantiene bajo control todas las etapas y tiene el compromiso de mejorar constantemente, mediante sus estrategias con el apoyo de sus colaboradores, socios y accionistas. En los últimos años la empresa ha crecido de manera notoria, cada día su rama de productos crece y junto con ellos su calidad y compromiso. Recientemente se inauguraron dos nuevas distribuidoras en Nicaragua y se tienen varios proyectos a corto plazo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Extrusión

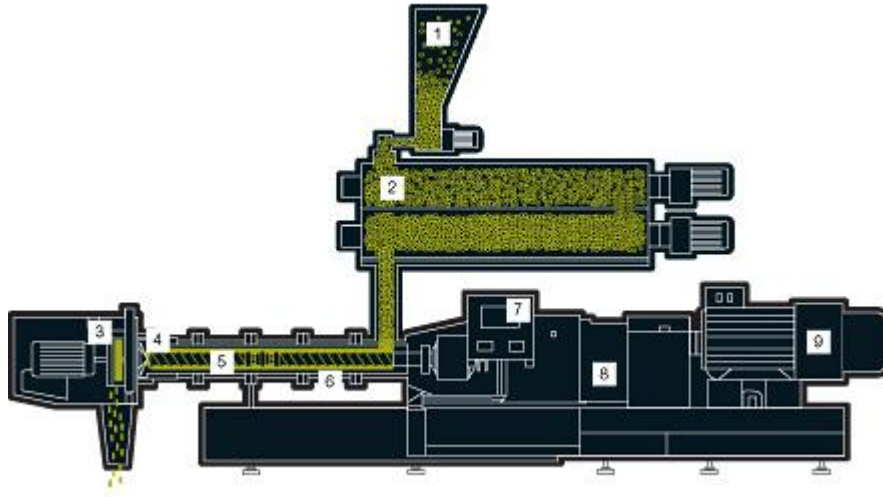
La extrusión es definida como el proceso que consiste en dar forma a un producto, forzándolo a través de una abertura con diseño específico conocido como molde. Así pues, la extrusión puede o no implicar simultáneamente un proceso de cocción. Centrándonos en el proceso de extrusión aplicado al tratamiento de cereales podemos decir que la extrusión consiste en hacer pasar a través de los agujeros de una matriz (molde) la harina de estos productos a presión por medio de un tornillo sinfín que gira a cierta velocidad dentro de un cañón y que es sometido a altas temperaturas.

Este proceso de extrusión incluye en una etapa anterior un acondicionamiento de la harina antes de la extrusión por medio de vapor o sin vapor y según sea el caso nos dará dos métodos:

- Húmedo
- Seco

Dentro del proceso de extrusión en húmedo podemos diferenciar a la vez dos tipos: el de corto tiempo y alta temperatura y el de cocción a presión en función del tipo de acondicionador y extrusora.

Figura 1. Modelo extrusor



- | | | | |
|----------------|------------------|--------------|--------------|
| 1. Dosificador | 2. Acondicionado | 3. Cortadora | 4. Inyector |
| 5. Tornillo | 6. Carcasa | 7. Tablero | 8 y 9. Motor |

Figura 2. Salida del producto extruido sin corte



El proceso de acondicionamiento implica una serie de etapas:

- Acondicionamiento a presión atmosférica por medio de vapor y agua a una temperatura de salida del producto de 70-100°C.
- Un método de aplicación del agua añadida ya sea vapor o agua muy uniforme.
- Una configuración del extrusor diseñado para trabajar con el producto acondicionado.
- Un medio de elevar la temperatura en el extrusor hasta 200°C durante un corto período de tiempo, entre 10 y 25 segundos.
- Un molde capaz de dar forma al producto procesado.
- Un sistema de corte del producto elaborado.

2.1.1 El proceso de extrusión en seco

Es posible usarlo en productos con elevado contenido en aceite, como por ejemplo para el procesado de habas de soja, puesto que el propio aceite lubrica el paso por la matriz.

Este procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo, con lo que disminuye la lisina disponible. En cambio, este procedimiento no es posible aplicarlo a cereales por la imposibilidad física de trabajar con la máquina a este nivel de humedad, en la extrusión en seco es más fácil romper la cadena de almidones.

2.1.2 El proceso de extrusión en húmedo

En la extrusión en húmedo es muy importante conseguir que el producto a procesar esté bien molturado, que podamos regular la temperatura de las diferentes secciones del proceso para conseguir la máxima calidad nutritiva del producto, y que el agua y el vapor sean adecuados para conseguir el nivel de humedad necesarios, la presión y la superficie de apertura de la matriz idóneos para que el producto salga con la máxima calidad y el mínimo costo.

Una vez hemos obtenido el producto extrusionado procedente de una extrusión en húmedo, es necesario secarlo, puesto que sale de la extrusora a un nivel de humedad del 22- 30%. El producto se seca mediante una corriente de aire caliente hasta conseguir una humedad final entre 7-12% o menor.

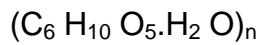
2.1.3 Gelatinización en el proceso de extrusión

En la extrusión de cereales el producto se ha ido humedeciendo hasta alcanzar una humedad entre el 22-30% y la temperatura se va incrementando por la transformación de la energía mecánica en calor en el mismo cañón del extrusor, por la configuración del extrusor que asegura las condiciones de fricción y cizallamiento adecuado.

El agua es sometida a temperaturas muy superiores a las de su vaporización, pero permanece en estado líquido porque se encuentra sometida a elevadas presiones (varias decenas de atmósferas). En el momento en que el producto sale por el agujero de la matriz, el agua que está íntimamente mezclada con el producto sufre un brusco cambio de presión y se evapora instantáneamente. Es por ello que el producto sufre una expansión y las cadenas proteicas así como las de almidón son modificadas, aumentando la superficie y haciéndose más atacable por los enzimas, con lo que el producto se hace más digestible.

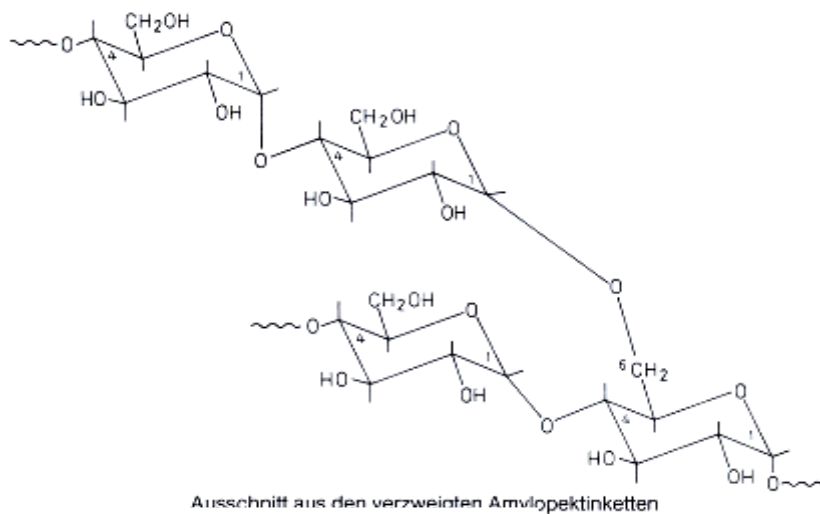
El almidón es un hidrato de carbono que se encuentra principalmente en los cereales, tubérculos y otras semillas. Al igual que la celulosa, es un polímero de glucosa, con la diferencia de que en el almidón las moléculas de glucosa están ligadas por un enlace α 1-4 en lugar del β 1-4 de la celulosa.

El almidón se encuentra en los cereales en forma de gránulos pequeños de diferentes formas: esféricos, ovalados, lentillas, irregulares en función de su origen. Dentro de los cereales el almidón existe en forma hidratada, polimérica y formando un entramado cristalino. Su composición química responde a una fórmula empírica:



Cuando el almidón se trata en agua caliente aparecen dos fracciones, el componente más soluble la amilasa que se disuelve y la amilopectina que permanece insoluble. En los cereales la amilasa viene a representar el 10-20% y la amilopectina el 90-80% del almidón total.

Figura 3. Estructura de la amilopectina es la siguiente:



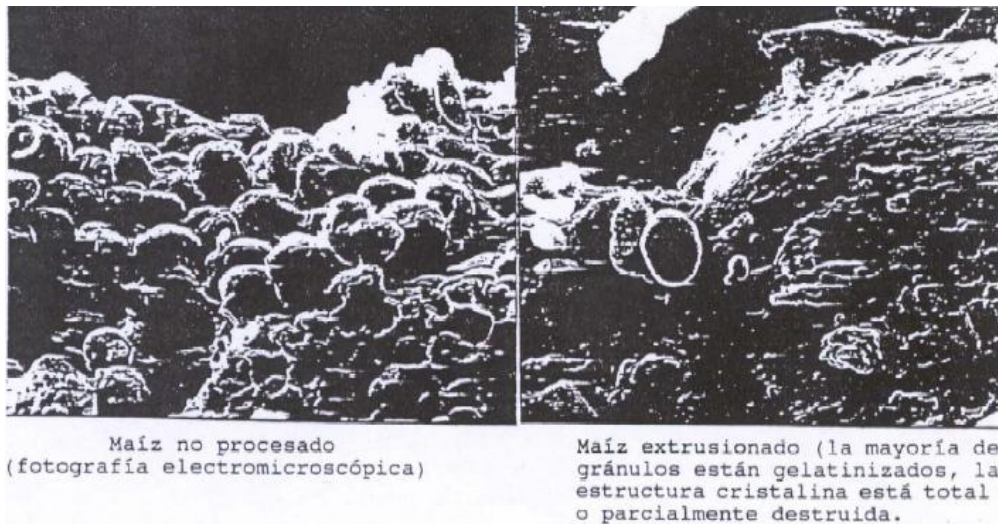
La amilopectina está formada por las mismas unidades de glucosa que la amilasa, pero difiere en que tiene una estructura molecular que no es lineal. Las proporciones principales de su cadena están unidas por enlaces 1-4 de α -glucosa que produce maltosa como primer producto de digestión, pero las ramas están unidas por enlaces 1-6 α , enlaces que originan el producto isomaltosa antes de su digestión final a glucosa.

El problema en los almidones en productos enteros como el arroz en grano es que su aparato digestivo en las primeras semanas de vida no está maduro y la segregación de maltosa y amilasa son insuficientes para dietas ricas en cereales. Es por ello que el suministro de cereales extrusionados, con

Un elevado grado de gelatinización de los almidones, facilita la digestión de los almidones haciendo el conjunto de la dieta más digestible y evitando así problemas sanitarios, favoreciendo un mayor consumo y un mayor crecimiento diario.

En el proceso de extrusión, el gránulo de almidón absorbe agua y en el instante de salida del molde de la extrusora el agua sometida a presión pasa a la forma de vapor y el almidón sufre un proceso de alineamiento, rizado y rotura tal como se muestra en las fotografías siguientes.

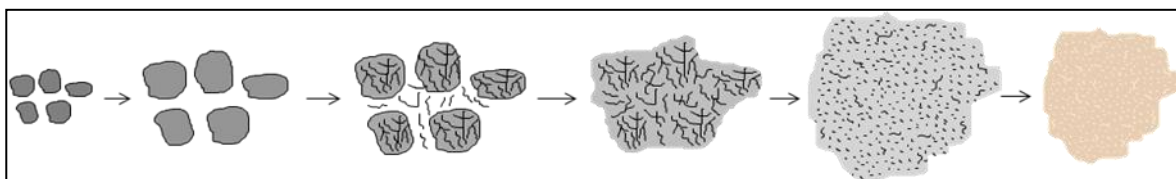
Figura 4. Comparación de gelatinización antes de la extrusión y después



Con este cambio y dependiendo del molde es como se puede dar forma a los cereales como arroz inflado, aritos y bolitas.

El método analítico para determinar la calidad del producto procesado en forma cuantitativa es el método enzimático de la glucoamilasa. Este método mide el % de gelatinización (grado de cocción), que es la cantidad de almidón gelatinizado en la muestra expresada como un porcentaje del total del almidón. El cambio sufrido en la estructura de los cereales durante la extrusión es de tal magnitud, que podríamos decir que el producto resultante es un nuevo producto.

Figura 5. Proceso de texturizado y gelatinizado



2.1.4 Efecto de la extrusión sobre la proteína

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se suele realizar generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento que están contenidos en las materias primas. Durante el proceso de extrusión, estos inhibidores son suficientemente inactivados para evitar bloquear la actividad enzimática en el intestino. Dentro de los procesos aplicables a productos proteicos con elevado contenido en grasa están los descritos anteriormente, en seco y los dos tipos de húmedo.

Estos procesos consiguen productos con factores antitróficos correctos desde el punto de vista de su uso en alimentación animal y su diferencia está en que el producto ha sido sometido a diferente humedad y temperatura durante la extrusión. Se intenta en estos procesos conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitróficos y por otro, la máxima lisina disponible en el producto. Es conocido que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo. La extrusión produce el desenredamiento de las cadenas proteicas vegetales. Las moléculas se alinean a largo de la matriz. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Existe un proceso por el cual a medida que la temperatura se va elevando, la proteína se va perjudicando. La cantidad de proteína perjudicada se puede medir y cuantificar mediante la determinación de Nitrógeno en la fracción de Fibra Ácido Detergente.

Muchas proteínas son desnaturalizadas y rotas por la extrusión y pierden por tanto sus propiedades funcionales.

En productos con elevado contenido en almidón, la proteína queda dentro de la matriz formada por el almidón, con lo que queda enredada y encapsulada. Sin embargo las enzimas digestivas del tracto intestinal disuelven la matriz de almidón, liberando la proteína.

2.1.5 Efecto de la extrusión sobre la fibra

Existen pocos datos publicados del efecto de la extrusión sobre la fibra, aunque se haya estudiado. Así por ejemplo para el caso del trigo se puede decir que la fibra del producto se solubiliza, incrementando la disponibilidad para su fermentación. Así por ejemplo cuando se extruye salvado el contenido en fibra soluble se incrementa significativamente. Varias observaciones indican que las paredes de las celulosas del producto extruido se adelgazaron y la superficie era más rugosa que la inicialmente de partida. Para conseguir efectos significativos sobre la fibra hay que procesar los productos bajo condiciones muy severas, cosa que no ocurre en condiciones de trabajo normales.

2.1.6 Vitaminas durante el proceso de extrusión

Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Los efectos en la estabilidad en las vitaminas durante la extrusión son complicados debido a la acción de la humedad, fricción y altas temperaturas y presiones. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión.

El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina.

2.1.7 Amilasa y gelatinización del arroz

El contenido de amilasa determina la textura, terneza, pegajosidad y volumen de expansión del arroz cocido. En función de su porcentaje de amilasa las variedades pueden clasificarse como de amilasa baja (7 - 20 %), intermedia (20 - 25 %) o alta (> 25 %). Los arroces con alto contenido de amilasa luego de su cocción son más firmes y secos.

Definición: temperatura de inicio de cocción del almidón (varía entre 63-80°C) donde los gránulos de almidón comienzan a hincharse irreversiblemente en agua caliente.

Proceso: la amilasa se solubiliza con el calentamiento, al enfriarse se gelifica. El almidón del grano pierde la estructura cristalina en forma irreversible.

2.2 Grados brix

Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 gr de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 gr de sacarosa y 75 gr de agua en los 100 g de la solución.

Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro.

La gravedad específica de las soluciones de la sacarosa también puede medirse con un refractómetro. Por su facilidad de empleo, los refractómetros se prefieren sobre los aerómetros marcados para la escala de Brix.

Los refractómetros de temperatura compensada evitan la dependencia de la temperatura de las medidas de la gravedad específica y requieren solamente una gota o dos de la muestra para tomar una lectura, ver figura 6.

Figura 6. Refractómetro



3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE

3.1 Análisis de la organización

En este apartado encontrará las justificaciones de la implementación del proyecto y las estrategias propuestas

3.1.1 Análisis FODA planta de cereales

FORTALEZAS:

F1: empresa de gran presencia y poder en el mercado de alimentos, su compromiso con el cliente y su capacidad instalada le permiten ofrecer productos de consumo masivo siendo una de las empresas de mayor participación en el mercado centroamericano.

F2: empresa certificada ISO 22000:2005, esto demuestra el compromiso con el cliente y su propio crecimiento.

F3: como parte del sistema de gestión, la empresa está comprometida a mantener y mejorar la competencia de sus empleados, existen planificaciones, capacitaciones y entrenamientos constantes que permiten cumplir con las competencias según sean necesarias por normativas internacionales (FDA, Codex e ISO) o internas de la empresa.

F4: la empresa cuenta con los recursos necesarios para mejorar, implementar, mantener y actualizar mejoras durante los procesos orientados al crecimiento y cumplimiento de calidad e inocuidad. Dentro de los recursos pueden ser: humano, capacidad instalada o ampliaciones.

F5: todos los puestos a nivel jefatura o gerenciales son ocupados por profesionales y especialistas lo que permite durante el diseño o desarrollo de productos mantener los estándares de calidad y los estudios necesarios para proyectar o mantener la vida de los productos.

DEBILIDADES:

D1: existen deficiencias dentro de los procesos productivos que han provocado retrasos y productos que no cumplan las especificaciones, este producto que necesita reproceso y los incumplimientos disminuyen la satisfacción de los clientes y aumentan los costos.

D2: las fases de capacitaciones y los entrenamientos no están siendo eficaces, existen aspectos necesarios en las actividades diarias en operarios y supervisores que no están cumpliendo. La mayoría de las capacitaciones están orientadas a temas de inocuidad dejado un porcentaje bajo para temas de producción necesarios, estas capacitaciones necesitan ser específicas.

D3: los sistemas de comunicación están implementados pero existen deficiencias en los niveles bajos de la organización.

D4: la mayoría de los colaboradores están familiarizados con seguimientos y mejora continua, pero con relación a la norma ISO 22000; la fase de implementación de ISO 9001 tiene muchas deficiencias, una de ellas son el seguimiento a la mejora continua.

D5: existe deficiencia en las evaluaciones de los sistemas implementados, a nivel productivo no existe en los análisis la evaluación según las competencias de los empleados para determinar cómo intervienen dentro de los procesos.

OPORTUNIDADES:

O1: aprovechar los sistemas de evaluación y las herramientas que proporcionan los entes certificadores ISO y las normativas de las empresas extranjeras que brindan apoyo tecnológico de procesos. Proveedores de materias primas y maquinaria.

O2: la población está creciendo, los productos alimenticios crecen rápidamente principalmente los RTE y RTD (ready to eat o ready to drink) esta empresa orienta un 70% su producción a este tipo de mercado, es decir, a gente de medianos y escasos recursos. La calidad e inocuidad son claves para la aceptación en el mercado de cada uno de sus productos. El crecimiento registrado y el proyectado tienen una expectativa rentable alta.

O3: por los tratados de libre comercio, la implementación y cumplimiento de las especificaciones de producción basadas en normas internacionales como FDA se puede iniciar con exportaciones principalmente en estados unidos.

O4: a nivel gubernamental los programas de apoyo y ayuda se continúan dando debido los altos niveles de nutrientes y el bajo costo de los productos, la iniciativa del gobierno favorece el crecimiento de la empresa cuando se establece y respetan las regulaciones nacionales y COGUANOR.

AMENAZAS:

A1: el incumplimiento en algunos de los puntos dentro del sistema de gestión inocuidad/calidad puede provocar la pérdida de la certificación o sanción por parte del ente certificador o institución reglamentaria (Coguanor o FDA), la competencia puede apoderarse de estos clientes por una mala imagen.

A2: actualmente las regulaciones de exportación e importaciones de productos en los países están siendo cada vez más equitativas, la competencia de empresas multinacionales es cada vez más alta, esto puede igualar los costos de producción creando una competencia verdaderamente peligrosa para la empresa, el volumen de importaciones que existen en cuánto a este tipo de productos está en aumento.

A3: a nivel local están surgiendo empresas con una similitud de productos, además la oportunidad que tienen las empresas de obtener certificaciones de calidad es más factible, la competencia local puede absorber los clientes de la empresa.

A4: la crisis económica mundial, principalmente la que estados unidos enfrenta ha provocado un incremento considerable en los precios de los insumos, la situación económica en nuestro país no permite una aceptación en el alza a los precios.

ESTRATEGIA FA MAXI-MINI

Implementar un sistema de control para monitorear y controlar todas las variables de calidad y servicios que reduzca el error humano mediante verificaciones y evaluaciones mensuales, con los resultados obtenidos hacer análisis para la toma de decisiones y generar el ciclo nuevamente para nuevas oportunidades de mejora respetando las regulaciones nacionales e internacionales.

(F1,F2,F5,A1,A2,A3, D1)

Crear un sistema de control diario de productividad y eficiencia en los procesos de la empresa para que mediante las acciones correctivas y el monitoreo se pueda reducir los desperdicios y optimizar el factor humano e insumos con el objetivo de que los costos de fabricación no aumenten sino la utilidad neta. (F4,F1,A3,A4,A5,F3)

ESTRATEGIA DO MINI-MAXI

Utilizar los requisitos de la norma internacional ISO y nacionales como COGUANOR en cuanto a comunicación y normas de producción para la mejora continua durante la implementación de este proyecto. Toda acción de mejora, revisión o análisis debe quedar registrada. (O1,O3, O4, D3,D5,D4).

Evaluar in situ con la técnica de los cuatro pasos la efectividad de los entrenamientos y capacitaciones en los niveles medios y bajos para mantener el sistema de control y poder ofrecer siempre productos de calidad y mayor oferta.(O2,D2,D1).

3.1.2 Descripción general del proceso

El proceso principal para la fabricación de cereal de arroz recubierto con chocolate es la extrusión, parte donde se forma y gelatiniza el producto.

El inicio del proceso es la recepción de materias primas, etapa que forma parte del sistema de inocuidad, las materias primas son aprobadas hasta que se analizan por aseguramiento de calidad, luego en la recepción a la planta se preparan las mezclas con sus ingredientes en tarimas plásticas, cada mezcla contiene los ingredientes que se van a agregar a la línea de producción y se componen en dos:

1. Mezcla seca: que contiene solamente la harina de arroz y las mezclas vitamínicas, ésta mezcla se utilizará en el proceso de extrusión.

2. Mezcla húmeda: contiene azúcar, glucosa, cocoa y los demás ingredientes, ésta mezcla contiene un mayor número de litros de agua y se utiliza en la etapa de recubrimiento.

Después la mezcla seca pasa por el extrusor cuyo fin es gelatinizar(cocer) y formar el producto final, éste es el proceso clave para tener un buen rendimiento y buena calidad, las variables que se controlan son críticas: temperatura de las carcacas del extrusor, la velocidad del tornillo, la presión de vapor, agua, la posición de las cuchillas de corte y su velocidad, estas variables son controladas constantemente porque puede existir una variación en la alimentación de la mezcla seca o un estancamiento por la granulometría en el arroz.

Una vez se obtiene el producto con el nivel de cocimiento o gelatinización deseado se procede a recubrir, segundo etapa clave en el proceso, el recubrimiento es simple si el producto fue bien extruido o gelatinizado, los aspectos a revisar en la etapa de recubrimiento son: el porcentaje de azúcar, la cantidad de producto que se agrega al aditamento del jarabe, la velocidad del tumbler de recubrimiento, la temperatura de la secadora, el tiempo de residencia y el alto de la cama de producto que se forma.

Si los valores en ambas etapas se mantienen controlados se obtendrá un producto que cumpla con las especificaciones requeridas, es decir, arroz totalmente recubierto y con forma excelente capaz de soportar su forma durante el transporte hacia los empaques y sin perder su recubrimiento. Durante las dos etapas claves de producción de arroz actualmente se tienen valores frecuentes fuera de especificaciones como: densidad, porcentaje de azúcar, apariencia, humedad y producto con rebaba, los resultados no son los deseables, existe evidencias de bajo rendimiento, eficiencia y productividad, los resultados actuales permiten visualizar que existe oportunidad de mejora es por eso que se propone en este proyecto un control de producción que permita medir los resultados y tomar las acciones correctivas necesarias para lograr la satisfacción del cliente.

3.2 Almacenamiento

Actualmente la etapa de almacenamiento no especifica un lugar para evitar aumento de humedad o contaminación, la temperatura determinada para el almacenaje es 20°C máximo.

Si el arroz esta húmedo puede contaminarse muy fácilmente y se convertirá en no inocuo. Aunque la probabilidad de ocurrencia es baja en algunas situaciones por no asignar un lugar específico para el almacenamiento del arroz éste ha ganado humedad, cuando esto sucede la etapa de extrusión se complica porque se forman grumos que dificultan la alimentación al extrusor como se podrá leer más adelante, la alimentación en el extrusor es crítica para el proceso.

Se sugiere área específica para almacenaje (ver 4.2.1)

3.2.1 Materias Primas

Aunque no existe evidencia de contaminación en la recepción del arroz este debe pasar por una inspección visual y microbiológica. El ingrediente mayoritario de este producto es el arroz, en su recepción también se debe verificar su apariencia y la del saco, por ejemplo, que se encuentre con manchas o roto.

Utilice el formato de aseguramiento de calidad de ingreso de materias primas y material de empaque.

3.2.1 Características principales

Para que el arroz sea ingresado a la bodega de almacenamiento debe pasar una revisión, las características que se analizan son:

- Apariencia (quebrados no mayor del 5%)
- Humedad (8-10%)
- Características Microbiológicas:
 - **Recuento gérmenes aeróbicos** = 50,000 UFC/mL
 - **Mohos y levaduras** = 1000 UFC/mL
 - **Coliformes Totales** = 20 NMP/g
 - **Coliformes fecales** =< 3 NMP/g
 - **E. coli** < 3 NMP/g
 - **Salmonella** Negativo en 25g

Si el arroz no cumple con los requisitos mínimos, debe rechazarse.

3.2.2 Molienda

Antes de iniciar el proceso de extrusión y recubrimiento es indispensable que el arroz esté 100% molido con la granulometría establecida, si no está bien molido los pedazos de arroz pueden semi-obstruir el molde provocando mala apariencia al producto final. Por otra parte, como la alimentación de harina en el extrusor es volumétrica los pedazos de arroz podrían hacer variar el paso de producto por el molde del extrusor y alterar la presión dentro de las carcasas.

Si el porcentaje de arroz no molido es alto el esfuerzo mecánico que mueve los tornillos se incrementa porque los granos impiden el flujo del producto como consecuencia la temperatura cambia y se podría dar la destrucción de los almidones, es decir, el producto no tendrá la forma deseada. El proceso de molienda es indispensable que si las muestras no están dentro de la granulometría ya establecida (ver 3.2.3) la producción se puede perder.

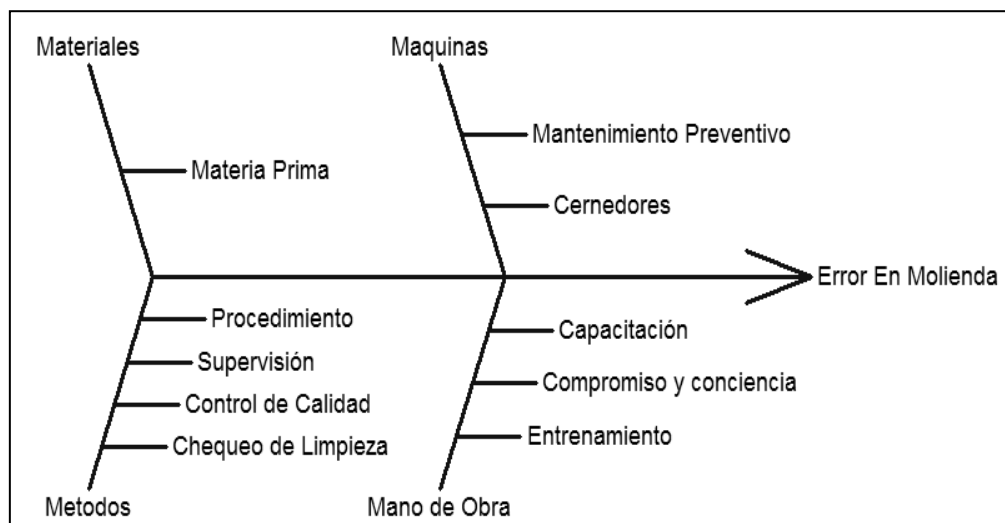
El molino de martillos, máquina donde se elabora la molienda consta de 6 cernedores, el molino y el sistema de transporte neumático (ver figura 8 y 9). Para que la molienda sea exitosa es necesario conocer el funcionamiento del molino pero más necesario es saber colocar correctamente los cernedores, si los cernedores no están en buen estado o colocados de forma incorrecta los granos de arroz pasaran a través de ellos, los tamices separan las partículas grandes y se vuelven a re circular, la salida de la harina fina con granulometría específica la deja caer el último cernedor a través de un tubo. (ver diagrama de flujo proceso de molienda 4.1.2.4)

Dentro de los principales problemas que origina una mala molienda son: variación de densidad, mala apariencia y la variación de la granulometría. La granulometría es clave exitosa para el proceso de extrusión (vea 3.2.3), de la granulometría dependen los porcentajes de harinas finas y gruesas, harina muy fina con mayor porcentaje de granulometría en el retenido 70 tienden a gelatinizar (cocer) en menos tiempo que una partícula gruesa, en la extrusión se trabajan diferentes variables de control que se establecen en base a la calidad del producto. Si se agrega una mezcla donde la harina de arroz esta muy fina el producto sufre una gelatinización alta por el tamaño de partícula y el producto que se obtiene tiene una densidad muy baja, es decir, menos peso por volumen y no se podrá empacar.

Si el mayor porcentaje de granulometría se encuentra en el retenido 45 y 30 la gelatinización en el extrusor será idónea trabajando bajo las mismas condiciones operativas, el producto se obtendrá con el nivel de gelatinización deseado.

La alimentación al extrusor es volumétrica por lo que si se cuenta con variaciones en las harinas se alteraran los valores de operación normal del equipo. Con harinas finas la alimentación tiende a variar si no se tiene el cuidado adecuado porque se forman grumos fácilmente con una pequeña cantidad de humedad, para la determinación de los factores que intervienen en el proceso de molienda se desarrollo el siguiente diagrama de Ishikawa donde se pudo concluir que los principales errores en la molienda son: factor humano por procedimiento de armado de cernedores y la verificación antes del arranque. Para la solución de estos problemas vea (capítulo 4.1) donde se estable un procedimiento de de limpieza, un procedimiento preparación del molino y un registro de verificación de equipo.

Figura 7. Diagrama Ishikawa molienda



3.2.3 Granulometría del arroz

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, el tamaño de la partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla o cernedores con aberturas cuadradas. La granulometría se mide en base a lo retenido en las mallas de distintas aberturas (ver fig 9) por ejemplo de una muestra de 50 gr. Al pasar por las mallas de cernido se puede obtener un retenido: 30 (25gr) 45 (10gr) 60 (10gr) 70 (5gr).

El retenido 30 y 45 significa mayor porcentaje de partículas gruesas y el retenido 60 y 70 o más significa mayor porcentaje de harina con partículas finas. En este ejemplo se puede concluir que la harina de arroz molida es ideal para la extrusión porque el mayor porcentaje de la muestra se encuentra entre el retenido 30 y 45.

La dosificación de arroz en grano en el molino de martillo para la molienda es un factor clave, si la dosificación se hace muy lenta la harina que se obtiene es muy fina, si la dosificación de harina es muy rápida la harina que se obtiene es muy gruesa. Los datos de mediciones tomadas muestran según la tabla I que la capacidad ideal es de 1134 kg/h.

Tabla I. Capacidad de molienda y granulometría obtenida.

Capacidad Kg	Granulometría
1134	485 micras 30 (25gr) 45 (10gr) 60 (10gr) 70 (5gr).
1400	516 micras
1450	534 micras
1100	490 micras
1150	480 micras

Figura 8. Molino de martillo

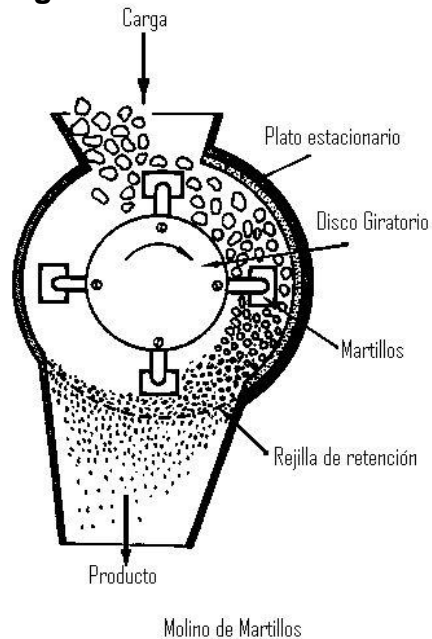


Figura 9. Cernedores o tamices



3.2.4 Propiedades del arroz

El componente mayoritario del arroz es el almidón que además de ser una fuente de energía para el ser humano en la extrusión ayuda a mejorar la estructura y la consistencia del producto final. Una mezcla de harinas con alto porcentaje de almidón permitirá dar mejor forma y consistencia al producto debido al porcentaje de amilasa dentro del almidón. (ver capítulo 2 teoría de extrusión).

El Ingrediente mayoritario en el arroz expandido recubierto con chocolate es el arroz, si se cuenta con las especificaciones de molienda requeridas se puede obtener un producto consistente con textura debido al porcentaje de almidón en el arroz, lo que implica obtener un producto con la textura y gelatinización deseada para facilitar el proceso de recubrimiento con el jarabe.

3.2.2 Producto sin recubrimiento

Para la obtención del producto sin recubrimiento debe asegurarse que se cumpla con las especificaciones de calidad establecidas por el departamento de Aseguramiento de Calidad (ver tabla XVIII en el capítulo 4).

3.3 Etapa de extrusión

Etapa del proceso crítica en donde se le da la forma y cocción al producto, durante la extrusión se manipulan varias variables que pueden cambiar totalmente el producto. Esta etapa es la más crítica porque la temperatura y la presión pueden ser tan altas que pueden descomponer o destruir los almidones.

Problemas repetitivos: producto deforme, densidad variable y humedad alta, en el capítulo 4 se encuentra un procedimiento para el control de esta etapa.

3.3.1 Diagrama de flujo del proceso

Nombre: Diagrama de flujo proceso de extrusión de cereal de arroz

Autor: Douglas Alexander Sicajá Aldi

Fecha: 10 de noviembre de 2009

Autorizado: Ing. Dieter Magermans

Página: 1/1

Revisión: Noviembre 09

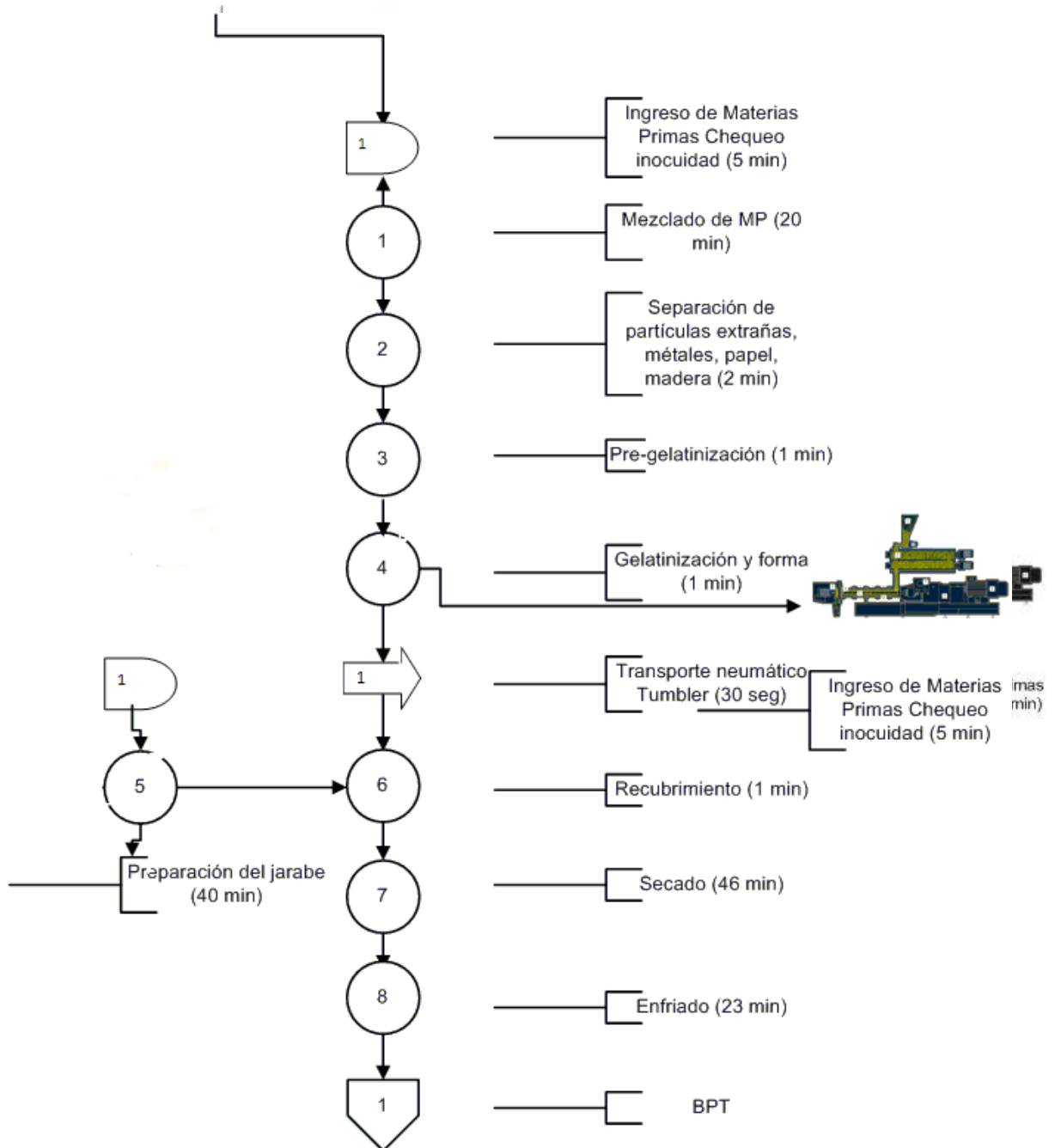






Tabla II. Resumen diagrama de flujo

FORMA	REPETICIONES	TIEMPO min
	8	134
	1	5
	1	0.5
	1	0
	Total	139.5

3.3.2 Fase de preparación del equipo

Para iniciar el proceso los equipos además de limpiarse se deben preparar, la preparación consisten en colocar los moldes, las cuchillas y los parámetros de arranque de cada uno de los equipos. Algunos errores comunes son la mala colocación de las cuchillas y mala limpieza , estos errores provocan aproximadamente 3 horas de tiempo perdido.

Se incluye un procedimiento de colocación de cuchillas (ver 4.4.1) y el chequeo de verificación de limpieza que incluye puntos críticos (ver 4.3.6)

3.3.2.1 Preparación del grupo de corte en el extrusor

El grupo de corte consta de un motor que esta al final del extrusor, tiene en la punta una base con dos cuchillas las cuales cortan el producto conforme éste salga del extrusor, esta preparación también es importante, si el corte es ineficaz el producto saldrá deforme o de grosor variable.

La distancia entre el molde y las cuchillas debe ser uniforme para que todos los arrocitos salgan de un tamaño y forma similar, la apariencia del producto depende del corte y del flujo de producto.

Para obtener una distancia igual entre el molde y la cuchilla los operadores deben verificar que las cuchillas sean del mismo tamaño y deben colocar una luz bajo la tolva que permita mejorar la visión y evaluar la distancia a lo largo de toda cuchilla cuando la colocan, por irresponsabilidad han colocado las cuchillas sin con la luz y esto ha provocado paradas porque no se logra un buen corte.

El motor tiene un variador de frecuencia que se utiliza para aumentar o disminuir las revoluciones de giro de las cuchillas para el grosor del producto, el valor promedio de velocidad del motor es de 46%.

Según experiencia del jefe de la planta, los datos y las observaciones, las cuchillas pueden quebrarse durante el proceso, la razón es porque no se colocan uniformemente, para colocar la cuchilla se usan dos tornillos que la sujetan con la base, si se presiona un tornillo primero y luego el otro es muy probable que uno haya sido colocado con mayor esfuerzo lo que provoca que la cuchilla se quiebre al llegar a su límite máximo de fragilidad.

Para poder comprobar la teoría sobre la ruptura y colocación de las cuchillas se realizaron las siguientes pruebas (Ver tabla III):

Tabla III. Comprobación de ruptura de las cuchillas según la colocación contra el molde del extrusor.

Forma de colocación de cuchillas: (según distancia entre el molde y sujeción de tornillos	Tiempo de ruptura de cuchillas
Forma correcta	Sin ruptura, cambio por falta de filo
Forma correcta	Sin ruptura, cambio por falta de filo
Forma incorrecta	3 horas
Forma incorrecta	6 horas, no se logra un buen corte
Forma incorrecta	5 horas y media

La colocación de las cuchillas es vital para evitar paradas prontas después de un arranque, la apariencia del producto depende mucho del corte, durante los arranques y paradas se pierde material y se aumentan los costos. El apartado (4.4.1.1) establece el procedimiento adecuado de verificación de las cuchillas y su colocación, además existe en la fase de arranque (4.4.2) los puntos que deben supervisarse antes del arranque.

Figura 10. Grupo de corte



3.3.2.2 Preparación del molde de arroz

El molde de arroz es circular y tiene tornillos para apretar con la tapa del extrusor, dentro de los principales problemas que se tiene es la colocación de los tornillos, algunos operadores lo hacen en forma de círculo dejando unos tornillos más apretados que otros, esto dificultará la colocación de las cuchillas y un flujo inadecuado del producto porque el molde no es colocado totalmente vertical.

Los moldes se deben limpiar para evitar que uno de los agujeros se tape, con un solo agujero que se semi-obstruya el producto se rechazará por mala apariencia. En el apartado 4.4.1.2 se establece la revisión por parte de mantenimiento del molde antes de su colocación.

3.3.2.3 Procedimiento de limpieza

La línea de producción tiene un tamaño considerable, el tiempo de limpieza actual supera las 6 horas con seis personas porque no existe una asignación específica para los ayudantes, cada uno limpia y a veces dos personas limpian en el mismo lugar. Si bien es cierto al final del procedimiento de limpieza se verifica que éste haya sido eficaz, el tiempo de limpieza a llegado a ser hasta de 7 horas. Para la solución de este problema se establece una asignación de personal por área (ver 4.3.3) y un tiempo de limpieza estándar para que el personal no exceda las 3 horas (ver 4.3.4).

3.3.2.3.1 Puntos críticos de contaminación

Existen 5 puntos críticos de contaminación, 3 de ellos por mal diseño de los equipos por parte del fabricante; el principal es la secadora en la etapa de recubrimiento. La secadora consta de dos bandas, la primera recibe el producto del tumbler de recubrimiento y la otra lo recibe de la primera y envía el producto por medio de unos cangilones a la enfriadora (ver fig.14), el producto es transportado porque las bandas son la unión de una serie de duelas consecutivas que se mueven porque todas están sujetas a una cadenas, en los eslabones de las cadenas precisamente es donde el producto se queda atorado y la limpieza se vuelve complicada porque no se tiene espacio para limpiar, las cadenas solo se pueden ver al final de la secadora y solamente unos 20 cm del total de su longitud.

El tiempo en el que da vuelta una banda es de 20 minutos lo que significa que una persona debe estar 20 minutos por lado esperando a quitar todo el producto que este entre las cadenas. A veces la falta de compromiso del personal provoca que las limpiezas no sean eficaces y como consecuencia de ello se tenga que limpiar de nuevo y rechazar el producto que pasó por la secadora porque dentro del producto nuevo salió grumos de producto viejo, es decir, una mala limpieza.

La enfriadora cuya estructura es igual que la secadora también dificulta la limpieza dentro de las cadenas, la única diferencia es que la enfriadora solamente tiene una banda y el tiempo disminuye a solo 20 minutos.

El otro punto crítico son las mangas de tela que están en la tubería y normalmente al final de un ciclón o de un cernedor, por su forma y por la forma que se transporta el producto de una máquina a otra, en ellas se queda atorado el producto y conforme varía la presión de aire van saliendo pero ya durante una nueva producción. Este no es un punto complicado para limpiar sin embargo en mínimas ocasiones pasa desapercibido.

Y por último el tumbler de recubrimiento, debido a que el jarabe tiene una alta proporción de azúcar mezclada con agua, en el momento que se agrega la miel en el tambor hacia el producto en las paredes de éste se queda pegada azúcar o algunos grumos de arroz cuando la cantidad de jarabe es excesiva. Para evitar la contaminación cruzada con otros productos o para evitar la contaminación con la carga microbiana la limpieza debe ser eficaz.

Para evitar estos problemas de contaminación y llevar un mejor control de los puntos críticos vea (4.3.1) y (4.3.6) lista de chequeo de limpieza.

3.3.2.3.2 Métodos de limpieza

Los métodos de limpieza se refieren a los utensilios de limpieza y si la limpieza es húmeda o seca. Limpieza seca se refiere al uso solamente de cepillos, paños húmedos y aspiración. La limpieza húmeda se refiere a lavado con agua a presión o vapor, en el apartado 4.3.2 se lista los utensilios que se deben utilizar y los equipos donde se permite su uso y otras recomendaciones.

3.3.2.3.3 Errores comunes de limpieza

Dentro de los errores comunes en la limpieza están:

- Los eslabones de las cadenas en la secadora y enfriadora porque el personal deja de limpiar antes del tiempo en el que se completa una vuelta en las bandas
- El tiempo de limpieza varía entre 4 y 7 horas por la falta de un tiempo estándar.
- Aunque mínimas existe evidencia de contaminación cruzada.

3.3.2.3.4 Herramientas y utensilios de limpieza

Los utensilios de limpieza son: aspiradora, cepillos, paños con desinfectante, bomba de presión para agua, aire comprimido.(vea tabla XIX) condiciones e almacenamiento y uso.

3.3.3 Fase de arranque del proceso

La fase de arranque consta de dos procesos, la extrusión y el recubrimiento, en cada uno debe ocurrir una etapa de estabilización aunque el desperdicio se da en mayor proporción en la etapa de extrusión la etapa de recubrimiento no deja de ser importante, las variables que pueden afectar el producto hacen complicado el proceso sino se tiene el conocimiento necesario.

3.3.3.1 Problemas comunes

Los principales problemas se originan durante la fase de arranque mientras se llega a la estabilización son:

Los rangos de las variables de operación tales como: cantidad de producto, temperatura de las carcadas, agua, velocidad de los tornillos, presión de vapor. Están establecidos dentro del actual procedimiento de operación pero son validos si varia la capacidad de alimentación de harina (alimentación de mezcla seca).

La causa principal por la que un producto salga de especificaciones es porque dentro del extrusor cambie la cantidad de producto mientras todas las demás variables siguen igual, si va una menor cantidad de producto significa que el tornillo esta semi vacio y la harina se cocerá más. La presión de salida en este caso es baja lo que provoca un mal corte en alguno de los agujeros del molde por un mal flujo de producto.

Si la cantidad de harina es mayor del estándar la presión aumentará tanto que es posible la destrucción de los almidones y el producto se volverá frágil. Los almidones rompen su cadena cuando se sobrepasa los 140 °C de temperatura con un rango de agua muy bajo.

La velocidad del tornillo es vital porque altera la presión interna al aumentar el flujo de producto, si es muy alta el producto se recocerá por la presión y temperatura. Si la velocidad del tornillo es baja y la cantidad de harina también el producto no cocerá lo suficiente, la temperatura no aumenta porque la presión interna tampoco aumenta, es decir, no se debe variar drásticamente la velocidad del tornillo y la cantidad de harina.

El esfuerzo mecánico puede romper fácilmente los almidones, se debe alimentar la harina de tal forma que se mantenga la misma temperatura y presión y terminar de aplicar el cocimiento con las carcasas del extrusor aumentando o disminuyendo la presión de vapor. Estos y otros parámetros se pueden visualizar y cambiar en el tablero principal del extrusor.

Una vez que el extrusor ha estabilizado es decir el tornillo se ha llenado y las temperaturas y presiones alcanzaron sus valores de arranque se debe medir una capacidad de producto real para compararlo con los valores del tablero. Esto debido a que la alimentación es volumétrica y no gravimétrica, es decir, la dosificación se hace en el extrusor a través de un tornillo sin fin y sus valores cambiarán también en base a la granulometría de la harina o por formación de grumos por alta humedad de las harinas.

Si los valores no coinciden los valores se deben corregir por medio de las revoluciones del motor del tornillo sin fin que alimenta el extrusor.

Como sabemos para cocer necesitamos agua, el extrusor está diseñado a agregar agua en porcentaje, por ejemplo, 10% de agua y 90% harina, si la capacidad del tablero no coincide con la capacidad real y no se corrige con las revoluciones del tornillo sin fin se podría estar agregando menos o más agua de la indicada en los procedimientos de control lo que provocaría variación de densidad.

Si se agrega más agua el producto saldrá húmedo y expande menos, por el contrario si lleva poca agua el producto sufre mayor expansión y no se formará pegados por el exceso de agua. Al agregar agua la lubricación interna aumenta disminuyendo la presión, el producto disminuye la expansión.

El tamaño y la densidad del producto son críticos porque si expande mucho su densidad es baja y no se logrará llenar los empaques con la cantidad de producto o gramaje requerido. Si no expande (densidad alta) las bolsas de producto se verán vacías. La expansión se relaciona con la densidad.

La etapa de extrusión como se podrá ver es clave dentro de todo el proceso y en él se controlan las variables críticas, los errores operativos se cometen porque no se mide o se ajusta la capacidad real con la teórica y hacen cambios drásticos y muy rápidos en las variables críticas aunque otro factor puede ser el grupo de corte.

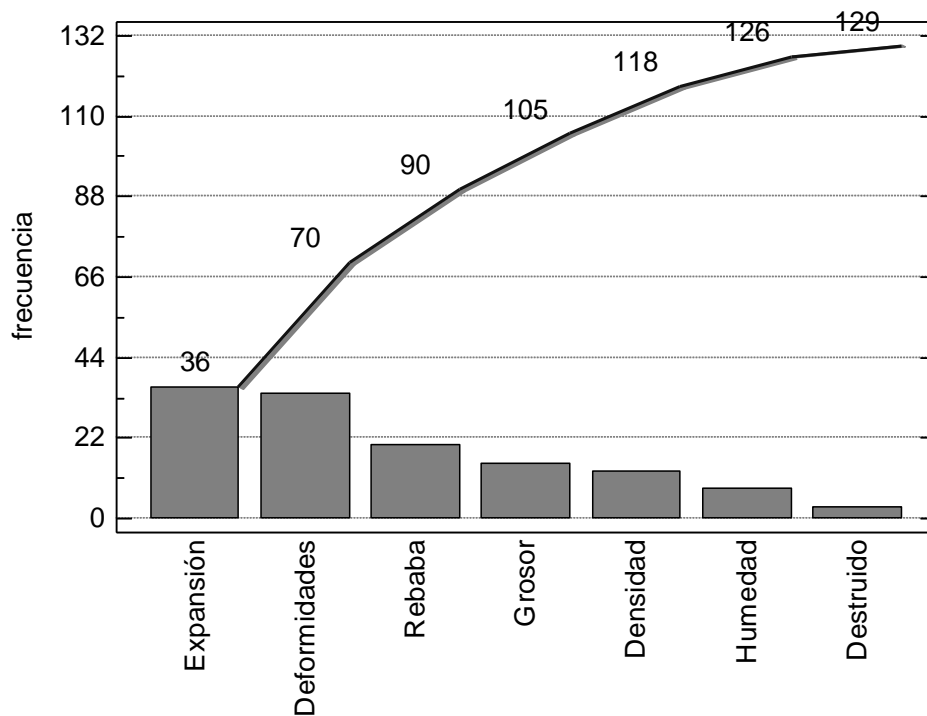
Para notar un cambio de variables en el extrusor se deben esperar por lo menos 3 minutos. La alimentación de la harina se debe hacer poco a poco hasta llegar al máximo permitido, si se hace bruscamente las condiciones operativas cambiarán completamente y el proceso se saldrá de control. La peligrosidad aumenta si la presión de salida del producto aumenta, durante las observaciones y datos tomados se ha notado que existen diferentes formas de operar el equipo, los cambios que hacen son diferentes en el arranque y no se mide la capacidad real con la teórica del tablero. Se desarrolló un análisis de Pareto en donde se refleja que la dosificación de harina y el procedimiento de operación y el grupo de corte son los causantes de las variaciones en la calidad de producto. Para poder controlar todas estas variables y puntos críticos se crean procedimientos y verificaciones. (ver apartado 3.3.3 completo) en este apartado se encuentra el procedimiento de arranque que incluye los puntos de inspección, la fase de estabilización para la reducción del desperdicio y la capacidad de producción para reducir deformaciones de producto y controlar las variables de humedad, densidad, apariencia y la dosificación de la mezcla seca.

DIAGRAMA DE PARETO PARA AUMENTO DE CAPACIDAD Y ESTABILIZACIÓN DEL PROCESO

Tabla IV. Pareto con frecuencias acumuladas

<i>Etiqueta de clase</i>	Rango	Recuento	Ponderación	<i>Puntaje Ponderado</i>	<i>Puntaje Acumulado</i>	Porcentaj e	<i>Porcentaje Acumulado</i>
Expansión	1	36	1	36	36	27.91	27.91
Deformidades	2	34	1	34	70	26.36	54.26
Rebaba	3	20	1	20	90	15.50	69.77
Grosor	4	15	1	15	105	11.63	81.40
Densidad	5	13	1	13	118	10.08	91.47
Humedad	6	8	1	8	126	6.20	97.67
Destruído	7	3	1	3	129	2.33	100.00
Total		129		129			

Figura 11. Pareto problemas extrusión
Gráfica de Pareto



3.3.3.2 Características de calidad del producto

Las características de calidad se ven afectadas por diferentes variables, en especial por la etapa de extrusión, por eso el control y los procedimientos se deben conocer y controlar, las características de calidad son:

3.3.3.2.1 Humedad

La cantidad de agua que el producto debe llevar para aumentar su vida en estantería no debe superar el 3%, en la extrusión se agrega una parte y la parte restante se debe controlar cuando se le aplica el jarabe. Si el producto en la extrusión supera ese porcentaje es probable que la etapa de secado no lo reduzca. El problema de la humedad se debe controlar principalmente en la extrusión. Para controlar la humedad se diseñó un gráfico de control con análisis de cp y cpk. Ver.(4.4.2.3.1.2)

3.3.3.2.2 Densidad

La densidad dependerá de la temperatura, presión interna o el nivel de gelatinización de los almidones. La densidad es importante, si es alta el empaque del producto se verá vacío y si es muy baja el producto no podrá sellar porque no cabrá dentro del empaque. La densidad se controla directamente en el extrusor con el nivel de agua y gelatinización. Normalmente la densidad se controla fácilmente aumentando o disminuyendo la cantidad de agua que se le agrega al extrusor aumentando o disminuyendo la lubricación. Para controlar la estabilización de la densidad, se diseñó también un gráfico de control y un análisis cp y cpk.

3.3.3.2.3 Apariencia

La apariencia depende del corte y del flujo uniforme del producto que pasa a través de los moldes, es decir, es vital la colocación de las cuchillas y el control de la dosificación de las harinas, la probabilidad de ocurrencia es de un 15% por eso debe seguir las indicaciones de los apartados (4.4.1.1)

3.3.3.3 Fase de estabilización del producto

Esta fase se refiere al incremento de la capacidad de extrusión, cuando se inicia la fase de arranque se hace con valores específicos y con una alimentación baja para evitar que el tornillo se atranque por llevar mucha harina. En el momento que esos valores estabilizan se procede con la estabilización de la capacidad de alimentación o dosificación, agua y las demás variables para que las condiciones de operación no afecten de manera drástica el proceso.

Dentro del extrusor se debe aumentar la capacidad de alimentación en 25 kg cada 2 minutos cuidando que el torque del motor o la presión no excedan los límites de alarmas y para que el producto que se agrega se gelatinice bajo las mismas condiciones, una vez que lleva dos incrementos de 25 kg la presión aumentará porque la velocidad del tornillo aún no se ha disminuido entonces el producto expandirá mucho, por eso se debe bajar la velocidad en un 5% y cuando vuelva a alimentar dos veces más se debe bajar la velocidad 5% o 3% más, el cocimiento que disminuye con la velocidad se compensa con el cocimiento que causará porque la temperatura aumentará a causa que la presión entre el producto y la fuerza mecánica de los tornillos está aumentando por un incremento de harina.

Cuando se obtenga la alimentación teórica máxima se debe verificar que los indicadores de temperaturas y presiones se encuentren estables y que la cantidad de agua no este fluctuando de forma drástica. Es vital verificar que la capacidad de producto real coincida con la teórica en el tablero, de no ser así, el parámetro de revoluciones del tornillo sin fin del alimentador se debe aumentar de 50 en 50 para disminuir la capacidad si ese fuera el caso o disminuir de 50 en 50 si se desea aumentar la capacidad para que los dos datos, el real y el teórico sean similares para garantizar que el agua será alimentada en la forma correcta, con eso se asegurara una producción idónea.

Se ha encontrado que cuando el producto está fuera de especificaciones es a causa que las dos capacidades, real y teórica no son las mismas, por evitar estas variaciones siga el procedimiento de estabilización de proceso vea (3.3.3.3).

3.3.3.4 Desperdicio en etapa de arranque

Debido al proceso siempre habrá desperdicio durante el arranque y la estabilización primaria, para arrancar el extrusor primero es necesario lavar los tornillos, la única forma de hacerlo es agregando harina con agua para limpiar cualquier resto de harina seca que haya quedado pegada en la carcasa o en los tornillos de una producción anterior. Durante el proceso de estabilización se pierde el producto que se extruye mientras el extrusor se estabiliza, si la fase de estabilización no es correcta y rápida se pierde más producto, la cantidad de producto que se extruye por minuto es considerable por eso se debe tratar de disminuir el desperdicio.

Una vez estabilizado el producto todavía es posible aplicar cambios en temperaturas o velocidades, estos cambios también pueden provocar desperdicios por eso es importante conocer el procedimiento e arranque y estabilización.

3.3.2.4.1 Causas comunes

Principalmente las causas del desperdicio se deben a los cambios bruscos de alimentación y en general a un mal procedimiento de arranque como se ve en el análisis de Pareto. (Ver fig. 11)

El producto frágil se debe principalmente a la destrucción de los almidones debido a la alta temperatura, esto se debe principalmente a los cambios drásticos de alimentación de harina seca y agua.

Causa de un producto deforme:

1. Flujo inadecuado dentro de los tornillos
2. Incorrecta colocación de las cuchillas
3. Variación de la distancia entre el molde y la cuchilla

3.3.3.5 Capacidad de producción

La capacidad máxima de producción está establecida sin embargo se puede ir incrementando mientras el producto no se salga de especificación hasta un 12% más aproximado. No es conveniente trabajar con una capacidad baja, debido a los costos de mano de obra, eléctricos etc. Proceda de la misma forma que en la fase de estabilización para este incremento. (Ver 3.3.3.3).

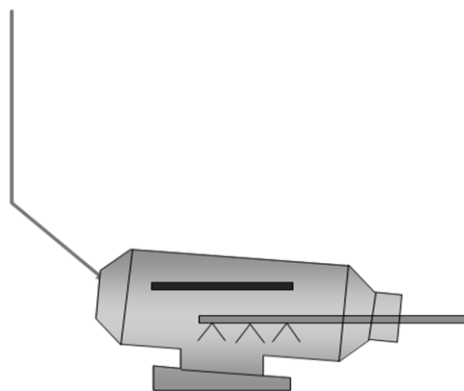
3.3.3.5.1 Problemas comunes en el aumento de capacidad

- Variaciones drásticas en la densidad del producto
- Producto frágil
- Desperdicio
- Producto muy expandido

3.4 Etapa de recubrimiento

En este proceso se le agrega sabor al producto extruido. Una vez el producto en la extrusión cumple con los requisitos de calidad este se eleva hacia un (tumbler) o tambor de recubrimiento, mediante un tablero principal se ajusta la cantidad de producto a recubrir y la cantidad de jarabe que se desea agregar, el jarabe debe ser preparado antes por la etapa de cocimiento para invertir el azúcar a una sustancia líquida, El producto es alimentado para el tumbler giratorio que no es más que un anillo largo que da vueltas al producto mientras en el centro tiene un tubo que en la punta tiene dos boquillas que son las que esparcen el jarabe ver fig 12. El producto sale del tumbler hacia la secadora, luego es enfriado y después se recibe a granel listo para el empaque.

Figura 12. Tumbler de recubrimiento



3.4.1 Preparación de equipo

La preparación del equipo consta de la colocación de las boquillas, el ajuste de los parámetros de arranque como la posición y velocidad a la que el tumbler gira ajuste de parámetros de capacidad de producto y jarabe, etapa de recubrimiento incluye que el secado y el enfriado.

Durante la etapa de preparación en la fase de recubrimiento es importante la verificación y la preparación del equipo para su óptimo funcionamiento, en los siguientes apartados se encuentra uno por uno los distintos problemas en esta etapa y en el capítulo 4.5 de igual forma se encuentran las soluciones propuestas para evitar estos errores.

3.4.2 Jarabe

El jarabe tiene un procedimiento de preparación y es indispensable respetarlo para obtener una mejor eficiencia y la obtención de un producto bien recubierto. La correcta aplicación depende en gran medida del cocimiento del jarabe y los grados brix a los que llegue durante la disolución.

El ingrediente mayoritario es el azúcar, para disolver el azúcar solamente se necesita agua fría pero el tiempo de cristalización es muy corto, como el tiempo desde que el jarabe se prepara hasta que se aplica es de aproximadamente 1 hora el azúcar debe ser invertida totalmente para que se convierta en líquida para su aplicación.

El azúcar se logra invertir temporalmente por un periodo más largo a través del cocimiento, si se logra el nivel de cocimiento deseado el jarabe pasa más de 12 horas para que el azúcar invertida regrese a ser sacarosa (azúcar simple sólida), un factor que puede alterar drásticamente éste resultado es el contacto que pueda tener el jarabe contra una superficie fría.

Existe evidencia de problemas en el proceso de cocción, siendo el más frecuente la cristalización al primer contacto con la tubería de transporte lo que ha provocado paros en toda la línea hasta por 4 horas.

Para determinar el nivel de cocimiento es importante llevar el jarabe a un rango aceptable de grados brix (ver tabla XVIII), los grados brix miden el porcentaje de sólidos dentro de una mezcla húmeda, para que un jarabe tenga un buen rendimiento y se aplique sin alterar el flujo es necesario que cada ingrediente sea disuelto en su totalidad y para lograrlo debe respetar el orden de los ingredientes. La manteca y el chocolate son los dos ingredientes complicados, los errores cometidos en la producción han hecho variar los grados brix arriba de 77 por el desorden en que vierten los ingredientes.

Para iniciar la preparación primero se debe agregar agua y calentar a 60°C, una vez alcanzada esta temperatura se debe agregar el azúcar y esperar a que el agitador la disuelva totalmente, luego agregar el chocolate, el extracto de malta, la glucosa y las vitaminas dejando un espacio de 1 minuto entre cada uno. Por último agregar la manteca y esperar a que los grados brix se encuentren entre 74 y 76.

Si la manteca fue agregada antes del chocolate la solución será muy espesa como para deshacer el chocolate y los grados brix no disminuirán en la muestra. Es importante que el chocolate y el azúcar se disuelvan totalmente.

La mezcla primero de la manteca antes del chocolate impedirá su disolución e incluso se formarán grumos que taparan la tubería aunque no necesariamente toda, esto puede influir que sin darse cuenta se aplique menos jarabe al producto y lo que se obtendrá es producto con poco sabor.

Si se agrega la manteca hasta el final no habrá problema porque el azúcar, el chocolate y los demás ingredientes ya se habrán disuelto, es importante saber que aunque el jarabe lleve otros ingredientes los grados brix se miden con el refractómetro e incluye a éstos ingredientes. (Ver marco teórico grados brix)

La medición de los grados brix es el indicador principal que el agua se ha evaporado, es decir, que la mezcla está sometida a altas temperaturas y por lo tanto el jarabe se está cocinando.

Se establece un procedimiento de orden de ingredientes y una hoja de control de grados brix y tiempo de preparación del jarabe para la solución de estos problemas (Ver 4.5.1,1)

3.4.2.1 Procedimiento de preparación

Forma de preparación actual del jarabe versus variación de los grados Brix.

Tabla V. Preparación actual del jarabe y los grados brix.

Forma de preparación	Grados Brix
Sin esperar y verificar la disolución del azúcar aunque se haya respetado el orden	82,84
Esperando la disolución del azúcar y el orden de los ingredientes	77, 74. 76,77,77,75,75,74,75,75
Esperando la disolución del azúcar, agregando primero la manteca y luego chocolate	79, 80 y formación de grumos

Como se observa en la tabla V, se hicieron varias mediciones con el refractómetro, cuando se respeta el orden de los ingredientes y se espera la disolución total del azúcar los grados brix permanecen en dentro del rango de aplicación requerido, las mediciones alterando el orden y no esperando la disolución del azúcar se hizo solamente dos veces cada uno debido a que la mezcla luego hay que componerla y es posible perderla sino se hace correctamente.

Tabla VI. Evaluación del orden de los ingredientes para verificar el grado cocción y los grados brix.

Temperatura de cocción	Tiempo	Grados Brix	Cocción
70	1 hora	75	Buena
70	40 min	75	Regular
70	30 min	76	Baja
80	1 hora	76	Buena
80	40 min	75	Regular
80	30 min	76	Baja
90	1 hora	75	Demasiado
90	45	75	Buena
90	30 min	75	Regular

Como el tiempo de preparación va a depender de la capacidad, es conveniente manejarlo con un tiempo de 45 minutos desde la preparación hasta que ya esté lista para recubrir (Ver 4.5.1.1)

Otra observación importante es el control de la temperatura, si se aumenta fuera del rango el agua se evapora muy rápido, esto disminuirá el rendimiento.

3.4.2.2 Tiempo de cocimiento

El tiempo ayuda a la medición del nivel de cocimiento, la tabla anterior muestra como se determino el tiempo de cocimiento, 45 minutos a una temperatura de 90 grados. El tiempo no es una referencia 100% válida porque la temperatura no es la única variable de la que depende la total disolución del jarabe pero si puede ser una guía para la medición de los grados brix.

En el apartado 4.5.1.1 se establece el tiempo de cocimiento y la hoja de control de preparación del jarabe el tiempo de hora de inicio de batch y hora final permiten monitorear el tiempo de cocción.

3.4.2.3 Grados Brix

Para medir los grados brix se utiliza el refractómetro, se agrega un poco del jarabe en el lente que tiene el refractómetro y se tapa. El refractómetro indica el porcentaje de agua y la cantidad de sólidos, la medida se toma desde donde inicia una parte oscura azul (Ver fig.6). No existe evidencia de problemas en la medición de los grados brix.

3.4.2.4 Problemas comunes

- No se respeta el orden de los ingredientes
- Tiempo de cocción es menor
- Temperatura variable de cocimiento
- Formación de grumos
- Cristalización del azúcar

3.4.3 Fase de arranque

En la fase de arranque se definen los valores inicio de los equipos. Los valores iniciales importantes son: la cantidad de producto que se va a recubrir y la cantidad de jarabe a agregar.

El lugar donde se hará la mezcla es en el tumbler de recubrimiento. Existen 3 valores determinantes para este proceso, el primero es el número de boquilla que se utilizará y su posición, el número de revoluciones del tumbler y la capacidad de producto y jarabe, el desperdicio en esta etapa es producido por la falta de verificación de estos valores, en la propuesta de la hoja de control de proceso (Ver 4.6.1) se establece al inicio de cada turno el monitoreo de estos valores.

3.4.3.1 Velocidad del tumbler

La velocidad del tumbler es determinante, el producto da vueltas a través del tumbler, si la velocidad es alta el producto no sale bien recubierto, si está muy lento saldrá tan recubierto que se comenzará a pegar y se formaran grumos. La velocidad esta relacionada con la cantidad de producto. (Ver tabla VII y apartado 4.5.2.1)

Tabla VII. Determinación de la velocidad ideal del tumbler de recubrimiento

PORCENTAJE DE VELOCIDAD	Capacidad Producto kg/h	Capacidad Jarabe Kg/h	Recubrimiento
25%	Estándar	Estándar	Bien Recubierto formación de grumos
30%	Estándar	Estándar	Bien recubierto, se observan menos grumos
35%	Estándar	Estándar	Bien recubierto, los grumos disminuyen
40%	Estándar	Estándar	Falta recubrimiento
45%	Estándar	Estándar	Falta recubrimiento

Según las observaciones (Ver tabla VII) el producto a un 25% sale bien recubierto pero las limpiezas deben ser más frecuentes en el tumbler porque tiende a pegar más el producto en la pared del tumbler y se forman grumos, estos grumos disminuirán el rendimiento porque después se deshacen manualmente pero el golpe a veces es muy fuerte y el producto se quiebra. El porcentaje de pegados disminuyó con una velocidad entre 33 y 36 % de las revoluciones. En las hojas de control de proceso 4.6.1 y el apartado 4.5.2.1 se determina el porcentaje de velocidad del tumbler y su monitoreo.

3.4.3.2 Capacidad de producto a recubrir

La capacidad de producto a recubrir es definida por el operador en base a las actuales hojas de control, la variación dentro del rango dependerá de la velocidad del tumbler y del estado del jarabe, aunque el equipo tiene una capacidad alta de alimentación ésta se debe ajustar a las otras condiciones de los equipos y principalmente del producto, la capacidad se mide en kg hora y es conveniente medirla para comprobar el dato teórico con el real tal como en la etapa de extrusión, la falta de calibración en la báscula o banda pesadora puede provocar un mal recubrimiento y esto puede hacer que el operador culpe a la preparación del jarabe.

3.4.3.3 Porcentaje de jarabe

El porcentaje de jarabe requerido para que el producto tenga buen sabor está dentro de un rango de 36 a 44% como el jarabe que se aplica lleva agua, el cálculo dependerá de que humedad le quitará al producto cuando éste pase por la secadora, para medir el porcentaje real se monitoreo la humedad que la secadora le quita al producto a una presión de 5 bar con 4 radiadores abiertos ver tabla VIII.

Tabla VIII. Determinación del porcentaje de humedad del recubrimiento para la obtención de la humedad final

Humedad Extrusión	Humedad del Recubrimiento	Humedad después de etapa de secado
3.5%	22%	2.3%
2.8%	23%	2.8%
3.3%	22%	2.3%
3.4%	24%	2.9%
3.5%	23%	3%
3%	22%	2.9%
3.3%	24%	3.1%
3.2%	23%	3.2%
3.0%	22%	3.0%
Promedio:	23%	3.0%

Como el porcentaje de sólidos de azúcar oscila entre 36 y 44%, un valor ideal sería 40% más el porcentaje de humedad que se perderá en la etapa de secado tiene un promedio de 23% según la tabla, el porcentaje ideal de jarabe a aplicar es de 63% de la capacidad del producto, el 4% se utilizará para ajustar el producto respecto la velocidad del tumbler y la densidad del producto.

3.4.3.4 Problemas comunes

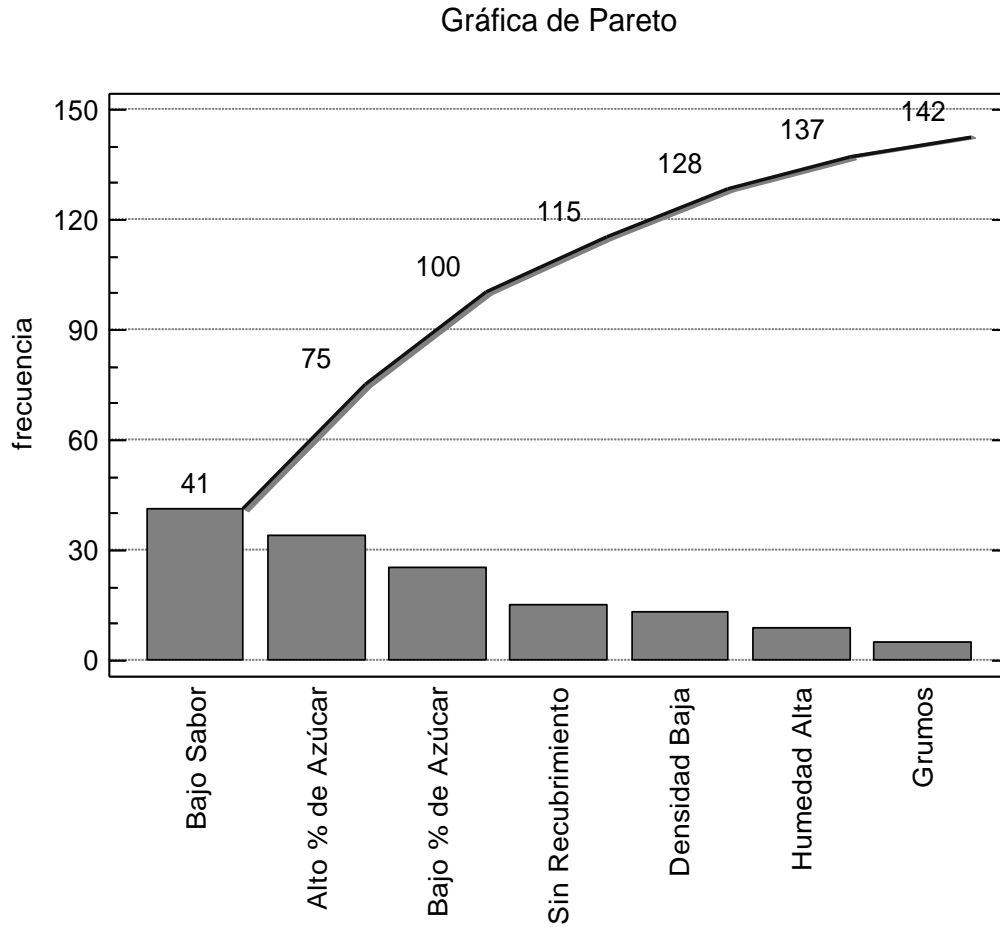
- Producto con exceso de recubrimiento: el producto en la extrusión tiene baja densidad, se agrega mas jarabe para que pese mas y así cumplir con los gramos que dice el empaque.
- Producto con bajo porcentaje de jarabe
- La cobertura se pierde durante el transporte al empaque
- Formación de grumos

Ver tabla IX y análisis de Pareto

Tabla IX. Análisis Pareto con frecuencias acumuladas, problemas comunes en el recubrimiento

<i>Etiqueta de clase</i>	<i>Rango</i>	<i>Recuento</i>	<i>Puntaje Ponderado</i>	<i>Puntaje acumulado</i>	<i>Porcentaje</i>	<i>Porcentaje Acumulado</i>
Bajo Sabor	1	41	41	41	28.87	28.87
Alto % de Azúcar	2	34	34	75	23.94	52.82
Bajo % de Azúcar	3	25	25	100	17.61	70.42
Sin Recubrimiento	4	15	15	115	10.56	80.99
Densidad Baja	5	13	13	128	9.15	90.14
Humedad Alta	6	9	9	137	6.34	96.48
Grumos	7	5	5	142	3.52	100.00
Total		142	142			

Figura 13. Gráfica de Pareto etapa de recubrimiento



3.4.4 Etapa de secado

La tabla que se utilizó para el cálculo del porcentaje de miel, se realizó con las condiciones óptimas de secado que incluye: la presión de vapor, la velocidad de la banda en donde el producto transcurre dentro de la secadora, el alto y ancho de la cama de producto que se forma.

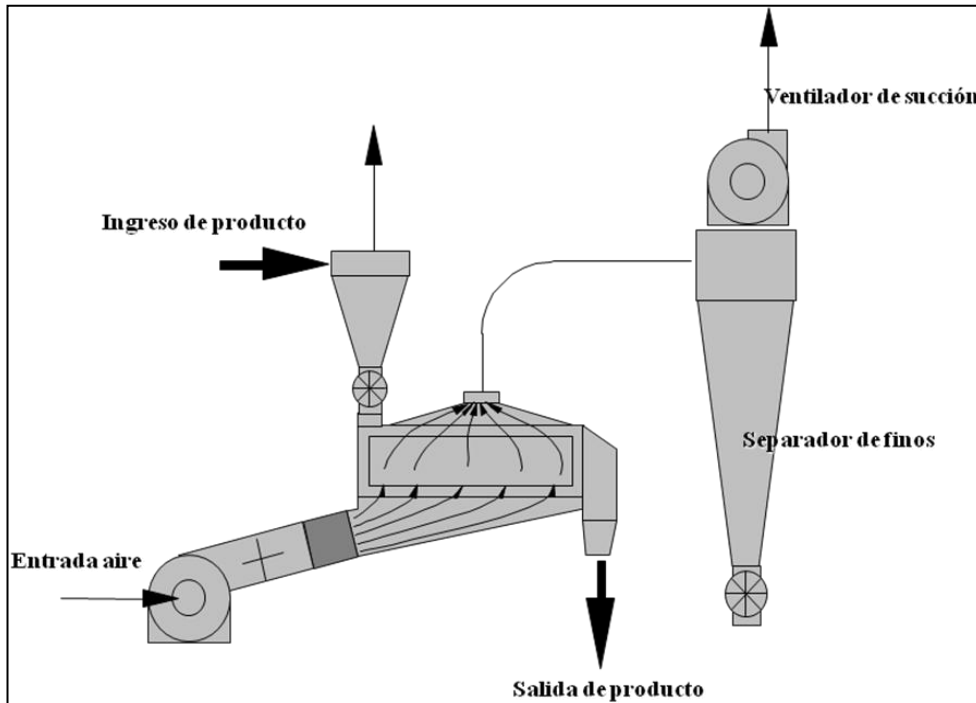
Si estas condiciones de operación se cambian el producto podría aumentar su humedad, el tiempo de residencia que depende de la velocidad de la banda es un factor importante para el control de la humedad, la variación del alto y ancho de la cama se pueden verificar de forma visual pero igualmente es importante su control.

La secadora está compuesta por dos bandas y 4 radiadores, las bandas así mismo están compuestas por una serie de duela unidas entre si por unas cadenas que son las que por medio del motor las hacen mover. Los radiadores esparcen el aire caliente en medio de ambas bandas y éste sale por las duelas, es decir, secan el producto de adentro hacia fuera (Ver fig 14).

El aire sale de la cama de producto y comienza a secar la parte de arriba de la cama, pero si la cama es muy alta el producto del centro no se secará de igual forma, es por eso que la cama no puede ser muy alta, si la cama no es tan ancha como para cubrir toda la banda el aire saldrá fácilmente por donde no hay producto y secará más la parte de arriba y no la de abajo.

La forma de la cama, ancho y alto dependerá del rociador de producto que está justo abajo del tumbler y de la velocidad de las bandas. La etapa de secado es importante porque si el producto final supera el 3% de humedad será rechazado.

Figura 14. Sistema de secado



3.4.4.1 Presión de vapor

La presión de vapor es una guía para controlar la humedad del producto, las válvulas reguladores de presión y el mismo manómetro deben funcionar correctamente aunque el principio de funcionamiento de la secadora es flujo de aire, mientras más uniforme sea el flujo mejor efecto de secado tendrá sobre el producto. No existen fallas registradas de la entrada de vapor hacia el secador, su control esta en las hojas de proceso (Ver 4.6.1). **Hoja de control de proceso**

3.4.4.2 Temperatura

La temperatura en la secadora es el otro factor importante que se debe controlar, la secadora tiene instalado un termómetro el cual sirve para controlar las variaciones de temperatura al mismo tiempo que se mantiene la estabilización del producto. Su monitoreo se encuentra en las hojas de control (Ver 4.6.1) **Hoja de control de proceso**

3.4.4.3 Rociador de producto

El rociador de producto tiene un movimiento en forma de péndulo y va esparciendo producto, el rociador es el responsable del ancho de la cama de producto que se forma en la secadora, tiene un brazo mecánico para aumentar el perímetro de oscilación o disminuirlo, este brazo se ha encontrado colocado incorrectamente. Para su control el rociador se debe verificar junto con la inspección de limpieza ver (4.3.6)

3.4.4.4 Velocidad de banda

La velocidad de la banda se mide en cm/s, el tiempo de residencia del producto depende de la velocidad y también del alto de la cama de producto, se debe tratar que el alto de la cama no supere un alto de 20 cm, los valores de trabajo están definidos pero la velocidad depende de la capacidad de producto que este ingresando a la secado, para verificar el alto de la cama no es conveniente hacerlo desde la tapadera principal porque se tiene una vista aérea, desde esta vista no es fácil ver si la cama esta alta, para verificarlo se debe hacer en una de las 2 tapaderas en las laterales de la secadora. La velocidad de la banda es otra variable de control para controlar la humedad del producto. El error común es visualizar el alto de la cama desde la vista aérea.

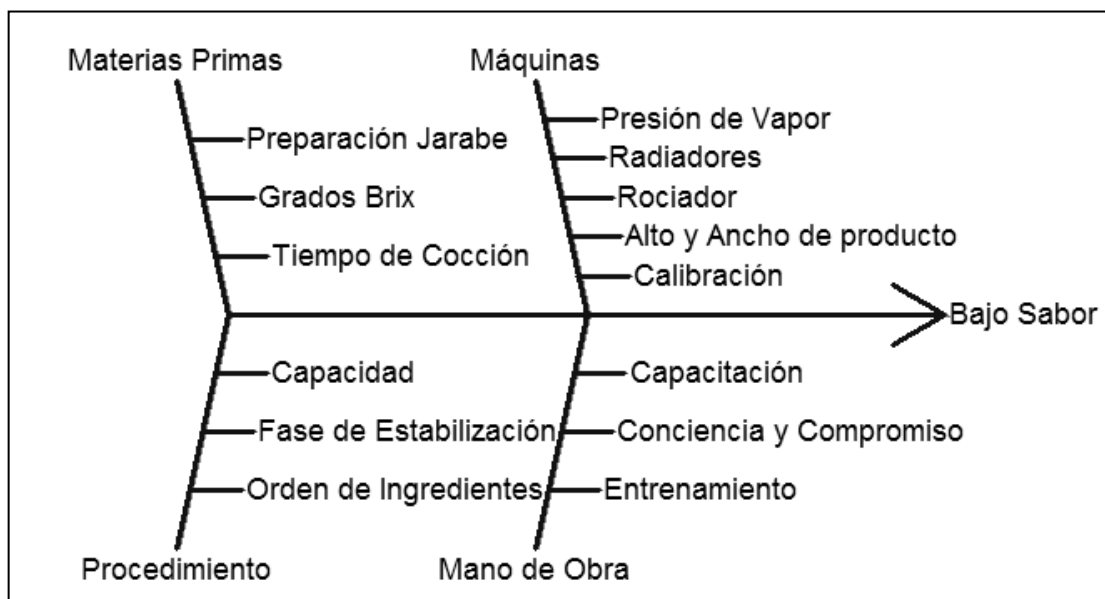
Para controlar el alto de la cama con respecto a la velocidad de banda se incluye en la hoja de control de proceso un monitoreo por hora (ver hoja de control de proceso 4.6.1)

3.4.4.5 Enfriamiento

El funcionamiento de la máquina de enfriamiento es similar al de la secadora, la diferencia es que no existe vapor, las entradas de aire son del ambiente aunque la banda y duelas funcionan con el mismo principio de secado. La mayoría de ocasiones el producto es recibido en bolsas de polipropileno, si el producto no es enfriado se crea condensación y se humedece. El control en la enfriadora es que este abierta la compuerta de aspiración para que exista una circulación de aire a temperatura ambiente. La inspección se establece en la hoja de chequeo de limpieza (Ver 4.3.6)

3.4.4.5.1 problemas comunes

Figura 15. Diagrama de Ishikawa etapa de recubrimiento



Según el análisis de Pareto Fig 13 e Ishikawa Fig 15 la clasificación de las muestras se resume los siguientes puntos:

- Producto con bajo recubrimiento: el producto sin recubrimiento se debe a: inclinación y velocidad del tumbler, cantidad de producto versus jarabe, mala preparación del jarabe y baja proporción en las boquillas.
- Alto porcentaje de sabor: exceso de recubrimiento: inclinación y porcentaje alto de jarabe, baja velocidad del tumbler. Proporción de jarabe bajo en las boquillas. Cuando se aplica un mayor porcentaje de jarabe se forman grumos
- Producto húmedo: no se respeta el alto, ancho y la posición del rociador, aunque la presión de vapor esté controlada.

3.4.6 Capacidad de producción en la etapa de recubrimiento

Un error muy común es no verificar la capacidad de producto que se está recubriendo, la calibración del equipo es electrónica y la hace el departamento de mantenimiento, los bajos rendimientos ocurren porque el tablero principal indica un valor que no es real y éste no es verificado con frecuencia, la cantidad de producto a recubrir es menor pero el porcentaje de jarabe sigue siendo 62%, aunque es un error no repetitivo ha pasado, si el producto fue extruido y no pesa, es decir, tiene baja densidad, visualmente se verá una gran cantidad de producto que está cayendo al tumbler pero en realidad es lo mismo.

La razón por la que hacen esta variación es porque si el producto tiene baja densidad para volverlo pesado agregan más jarabe con esto se logra empacar pero el rendimiento es menor. La capacidad de producto tiene una relación directa con el recubrimiento, el producto del tumbler debe salir recubierto totalmente, la forma producto facilita el recubrimiento.

En las hojas de control de proceso (ver 4.6.1) se establece un monitoreo por hora de la capacidad de producto a recubrir.

3.4.7 Boquillas de aplicación del jarabe

Otro factor que influye en la aplicación del jarabe son las boquillas, el jarabe viene transportado desde las ollas donde fue preparado a través de una bomba especial y tiene un recorrido de 8 metros, al final del último tubo dentro del tumbler se encuentran las boquillas que es el lugar donde sale el jarabe. Ver figura 12.

El agujero de las boquillas tiene forma de elipse y hay de distintos números, no puede ser muy grande porque la miel saldrá en forma de chorro, los chorros de jarabe forman grumos. El punto óptimo es cuando se ve salir de la boquilla salir jarabe en forma de abanico, eso aumentará la probabilidad que el producto salga totalmente recubierto y debido a su forma de spray no se formaran grumos de producto, los grumos de producto no salen al producto final sino que son destinados como subproducto.

El chequeo de la boquilla antes del arranque se encuentra en la hoja de chequeo de limpieza (Ver 4.3.6).

3.4.8 Problemas comunes

- Boquillas incorrectas
- No se forma es abanico para su aplicación
- Las boquillas no se colocan en el fondo del anillo

3.4.9 Limpieza del equipo

Durante la producción se trata de mantener la capacidad máxima de producción, rendimientos y eficiencias controlando las variables críticas y las etapas, sin embargo se está descuidando el tiempo de limpieza de la línea que varía entre 3 y 6 horas al igual que en la etapa de extrusión lo que representa mucho tiempo perdido.

En los apartados 4.3.3 y 4.3.4 se establecen la secuencia de limpieza y el establecimiento de un tiempo estándar.

3.4.9.1 Métodos de limpieza

Las limpiezas en general son secas y húmedas, por ejemplo la mezcladora se debe cepillar y aspirar, en la enfriadora y secadora es húmeda porque se aplica agua a presión para lograr quitar los pegados que se quedan en las duelas y en los eslabones de las cadenas.

3.5 Control de la producción

El proceso se controla actualmente mediante las hojas de proceso, en estas hojas se anotan a cada hora las variables de los equipos como por ejemplo la velocidad del tornillo del extrusor, la temperatura de salida del producto, la presión, la cantidad de agua etc. El monitoreo constante permite ver si un valor esta fuera de rango y así determinar la causa. Es decir, si en algún momento el producto no se encuentra dentro de las especificaciones se puede ver durante la últimas horas que fue lo que paso, sin embargo, esto sería mejor si se ve dentro de un gráfico de control en donde estén representadas las variables claves del proceso. En primera instancia para la mejora del proceso se capacitará al personal actual para que conozca los gráficos de control y su interpretación.

En las hojas de control de proceso se agrega la verificación por hora por parte del supervisor y se propone en el procedimiento de revisión y mejora continua (Ver 4.6.1) la revisión por mes y por turno de producción de los resultados por parte de la alta dirección.

3.5.1 Registros de variables de los equipos

Los registros actuales son hechos por el operador de la línea y existe evidencia de errores en el llenado de estos formatos, se propone capacitar al personal (Ver 4.7.1)

3.5.2 Indicadores de productividad

Se tomaron datos actuales que permiten calcular la productividad parcial de factor humano e insumos para poder comparar la productividad actual contra la productividad después de la implementación del proyecto.

Para el desarrollo e implementación del proyecto es indispensable conocer diariamente el factor de productividad y otros datos que permitan analizar y tomar las acciones necesarias. También es importante la implementación de procedimientos de operación, las hojas de control de proceso y las capacitaciones para poder controlar la producción pero nada es efectivo sino se crea la conciencia y el compromiso con los operarios, para que ellos tomen la responsabilidad es esencial que sepan si están siendo productivos y eficientes, deben conocer su desperdicio por turno, su productividad y eficiencia para que el día siguiente su objetivo sea mejorar.

Para el cálculo de la productividad actual se hace referencia a la tabla X, kg producidos y el cálculo de productividad por hora-hombre para un turno de 12 horas.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{kg producidos} / \text{turno} \times 1 \text{ turno} / 12 \text{ horas} \times 1 \text{ h} / 6}{\text{Operarios.}}$$

Tabla X. Productividad factor humano.

Muestras	Kg/h	Kg/turno	Productividad kg/h-h
1	840.9	10090.8	140.15
2	810.6	9727.2	135.10
3	830	9960	138.33
4	813.8	9765.6	135.63
5	818.8	9825.6	136.47
6	800.7	9608.4	133.45
7	871.4	10456.8	145.23
8	833.6	10003.2	138.93

Productividad Promedio: 137.91Kg/h-h

Producción Promedio: 9929.7kg/turno

Además de la medición kg / hora hombre, es importante para la mejora la medición de productividad en base a los insumos, como referencia se toma el arroz, ingrediente mayoritario en la producción del cereal.

Productividad por insumo = Kg de producto / kg de arroz.

Nota: para procesar 10800 kg de producto se necesitan 6477.41 kg de arroz.

Productividad por insumo = 9929 kg / 6477.41 = 1.53 Kg de cereal / kg de

Arroz. Donde: 9929kg es la producción promedio actual.

En el apartado 4.6.6 se proyecta la productividad y eficiencia después de la implementación del proyecto.

3.5.3 Indicadores de calidad

Los indicadores de calidad son específicamente:

- La densidad
- La textura
- El sabor
- El cp y cpk de cada una.

Estos indicadores son analizados 1 vez por semana por aseguramiento de calidad y diariamente registrados, los datos muestran que se cumple con los requisitos específicos, realmente lo que pasa es que cuando un producto no cumple es rechazado o retenido y no se libera hasta que entre en reproceso o se destina a subproducto, esto no debe ocurrir por eso se monitorea dentro de las hojas de control de proceso éstos indicadores. El objetivo es que el supervisor y operador evalúen todas las características del producto antes que una tercera persona lo haga. Ver tabla (XVIII)

3.5.4 Indicadores de eficiencia

Se tiene por historia una capacidad de producción por hora, esta capacidad es posible si el proceso se mantiene bajo control desde la preparación de los ingredientes hasta la salida del producto. Bajo este concepto de eficiencia se sabe cuando debe terminar una producción, el sistema actual no determina en que turno fue, o cuáles fueron las causas que incidieron en un rendimiento bajo, es decir, el jefe de la planta sabe que no fue eficiente el proceso pero no se le presenta un resumen con las variables y las personas que afectaron el proceso, estas variables son: el operador, el supervisor, los equipos, las materias primas.

En el apartado 3.5.4 se establece el control para evaluar los turnos de producción para tomar las acciones necesarias (Ver tabla XVIII y XIX y figura 22).

3.6 Personal operativo

Se sabe que los equipos están en condiciones adecuadas para trabajar cuando no existen fallas mecánicas, no es difícil observar que si un proceso falla es por la falta de atención o conocimiento del proceso, lamentablemente la mayoría de los errores en producción es a causa de una mala operación de los equipos o falta de comunicación entre operadores.

Existen 2 turnos de producción, el diurno y nocturno, los operadores de la línea suelen ser los mismos pero la comunicación entre supervisores y operadores es deficiente, cuando se tiene un problema en producción el supervisor y el operador en conjunto determinan la causa o logran mantener un control en situaciones donde por compromisos con los clientes no se puede parar la producción.

Si la comunicación con el siguiente turno no fue eficaz ellos iniciarían turno con problemas similares, en algunos casos no repercute en desperdicio pero si en menor eficiencia, se para la producción o mientras se controla el proceso se obtiene producto que necesitará reproceso.

Si bien es cierto cuando hay un problema de gran importancia la comunicación existe, muchos problemas que no son graves se dejan de comunicar y sucede la regla del 80-20 de Pareto porque se repiten varias veces.

Es sumamente importante hacer conciencia a los operadores y supervisores para que en conjunto se logre dar un seguimiento a los procesos.

Es importante también determinar las fallas para una mejora continua, actualmente no existe una evaluación del personal ni a nivel de supervisión que tenga registros, es decir una evaluación que mida eficiencias o que permita mantener un control de los procesos.

Con la información que se solicita y con unos registros adecuados se pueden evaluar cada turno de producción, el objetivo no es imponer reglas ni crear problemas entre operadores sino al contrario crear un ambiente competitivo adecuado con el fin que el trabajador permanezca las 12 horas con motivación, buscando metas, manteniendo eficiencia y productividad y que pueda día con día superar su meta y que sepa que está contribuyendo con el crecimiento de la empresa.

La propuesta del nuevo sistema de control de la producción en el capítulo 4 permite la evaluación de turnos de producción, la revisión por mes, por semana o diaria de las características de calidad y la mejora en la comunicación.

3.6.1 Entrega de Turnos

La entrega de turnos no está establecida en base a un procedimiento, hay muchas ocasiones en las que un operador entra tarde por alguna emergencia y se queda sin información formal, hacen anotaciones o el supervisor está enterado pero se debe recordar que no es la única línea de producción y también puede darse el caso que el supervisor falte.

En el apartado 4.6.2 se establece una hoja de entrega de turno que incluye la información necesaria para el cambio de turno.

3.6.2 Relevos

Además del cambio de turno ha ocurrido problemas en los relevos por comidas, en la línea de extrusión existe 1 operador responsable de toda la línea, pero también existe un operador de recubrimiento, este operador debe estar capacitado para operar la extrusión, debido a la capacidad de extrusión en cinco minutos se puede perder mucho producto. Para los relevos se sugiere la presencia del supervisor el tiempo que dure la refacción.

3.6.3 Evaluación del operador

No existe una evaluación directa del operador que refleje su rendimiento en una corrida de producción o durante el mes, en los que se evalúe los desperdicios, las desviaciones que ha tenido o el control que ha tenido en el proceso. El rendimiento y las eficiencias se evalúan a fin de mes, en donde se refleja pero todo, no quien tuvo mayores complicaciones en su turno. El apartado 4.6 incluye la propuesta para la evaluación de los turnos de producción.

3.7 Supervisión

En cuanto a la supervisión, sus deficiencias se deben a la frecuencia del monitoreo y la revisión de la preparación del equipo, principalmente el grupo de corte.

Para la implementación del proyecto (Capítulo 4) se incluye verificaciones y seguimiento para los supervisores de producción en las hojas de control de proceso, el chequeo de limpieza, la preparación del jarabe y los puntos clave de revisión antes del arranque.

3.7.1 Control de los puntos críticos

Existe un control dentro de los registros actuales para controlar un punto crítico dentro del proceso como lo son las variables de temperatura y presión en la etapa de extrusión pero su supervisión no es constante, en el rediseño de las nuevas hojas de control se establece el monitoreo y evaluación constante.

3.7.2 Monitoreo

Existe un monitoreo pero no un registro que demuestre y que obligue a la supervisión constante. Se establece un monitoreo de las variables que afectan directamente a la producción. (Ver hojas de control de proceso y preparación del jarabe 4.6.1)

3.7.3 Frecuencia

La frecuencia de la supervisión no está definida en los registros, existe 3 supervisores de producción los cuales deben estar al pendiente de la producción en cada momento pero no hay una frecuencia definida principalmente para los puntos que se consideran críticos en la producción.

En la propuesta del nuevo sistema de control para la producción se establece una frecuencia por hora de todas aquellas variables que afectan la calidad del producto, su rendimiento, eficiencia y productividad.

4. NUEVO SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DEL CEREAL DE ARROZ RECUBIERTO CON CHOCOLATE

4.1 Etapa de molienda

La etapa de molienda debe iniciarse con anticipación para evitar que se olviden algunos pasos como la verificación o limpieza del equipo, la molienda del arroz debe estar comprendida en un mayor porcentaje en el retenido 30 y 45 pero sin pedazos enteros de arroz.

4.1.1 Procedimiento de limpieza

Procedimiento de Limpieza Molino de Martillo	
CEREALES, S.A.	
Revisión: 07/09/08	Autorizado:

Objetivo: crear las condiciones higiénicas necesarias para la etapa de molienda y así evitar contaminación.

Alcance: este procedimiento aplica para la obtención del arroz molido.

Definiciones:

Tamiz: cernedor por donde se obtiene la separación de los granos de arroz de grandes a pequeños.

Tipo de Limpieza: seca

Metodología:

Encienda el molino por lo menos 5 minutos para eliminar mediante la aspiración cualquier residuo que quede dentro de toda la tubería de transporte. Luego inicie de la siguiente forma:

Paso 1: desarmar la sección de los cernedores, para hacerlo quite los 4 tornillos largos que se encuentran en la parte superior del cajón y levante cada uno de los cernedores, este en un buen momento para reportar algún desperfecto, por ejemplo, un cernedor roto.

Paso 2: utilice un cepillo sanitario y raspe la malla de cada cernedor, luego aspire.

Paso 3: coloque los cernedores en el cajón de almacenamiento que dice ARROZ juntos con los tornillos de sujeción.

Paso 4: levante la tapadera de la tolva de alimentación, cepille y aspire hasta remover todo el arroz, una vez terminado cierre la tapadera.

Paso 5: vacíe las mangas por donde el sistema de extracción llevo los finos de arroz y sacúdalos.

Paso 6: aspire el piso superior e inferior.

4.1.2 Preparación del molino

La preparación del molino consta de dos partes esenciales, la primera la colocación de los cernedores y la segunda la verificación de la limpieza.

4.1.2.1 Cernedores

Durante el proceso de limpieza se debe revisar que cada uno de los cernedores sea el correcto, para esto revise el nombre que tienen, deben decir: ARROZ y son 6. Cerciórese que no estén rotos. La colocación de los cernedores es vital para la separación de los granos gruesos y finos, la calidad del arroz depende de esta sección y de la molienda.

Los tamices están numerados de uno a seis, coloque el primer tamiz al fondo del cajón y vea que queda bien ajustado, haga presión hacia la pared que dice izquierda y observe que exista la caída de harina de arroz fina y la gruesa. Coloque el siguiente cernedor de igual forma pero haga presión a la derecha, es decir, al lado contrario del anterior, esto crea el efecto de cascada para que el arroz recibido en la parte superior pase a través de todos los cernedores, siga sucesivamente hasta terminar de colocar los seis cernedores.

4.1.2.2 Verificación del equipo

Antes de iniciar el abastecimiento de arroz, arranque el equipo para asegurar que existe aspiración, recirculación y que el cajón de los cernedores no este flojo. Además la parte de la verificación consiste en hacer un chequeo de limpieza. Este debe hacerse antes de armar el cajón de cernedores. Es decir, el registro de limpieza debe llenarse durante el proceso de limpieza y justo antes de armar el cajón de los cernedores.

4.1.2.3 Registro de verificación de limpieza

Registro de Verificación de Limpieza Etapa de Molienda			
Revisión:	Autorizado:		
Operador:			
Fecha:	Turno:		
Instrucciones: Coloque un check si el área de trabajo está limpia o una x si está sucia			
Tolva de Alimentación:	<input type="checkbox"/>	Cernedor 6:	<input type="checkbox"/>
Cernedor 1:	<input type="checkbox"/>	Recepción de finos:	<input type="checkbox"/>
Cernedor 2:	<input type="checkbox"/>	Tubería:	<input type="checkbox"/>
Cernedor 3:	<input type="checkbox"/>	Piso inferior:	<input type="checkbox"/>
Cernedor 4:	<input type="checkbox"/>	Piso superior:	<input type="checkbox"/>
Cernedor 5:	<input type="checkbox"/>		
Firma Operador:		Firma Supervisor	
Acción Correctiva:			

4.1.2.4 Diagrama de flujo

Nombre: Diagrama de flujo proceso de molienda

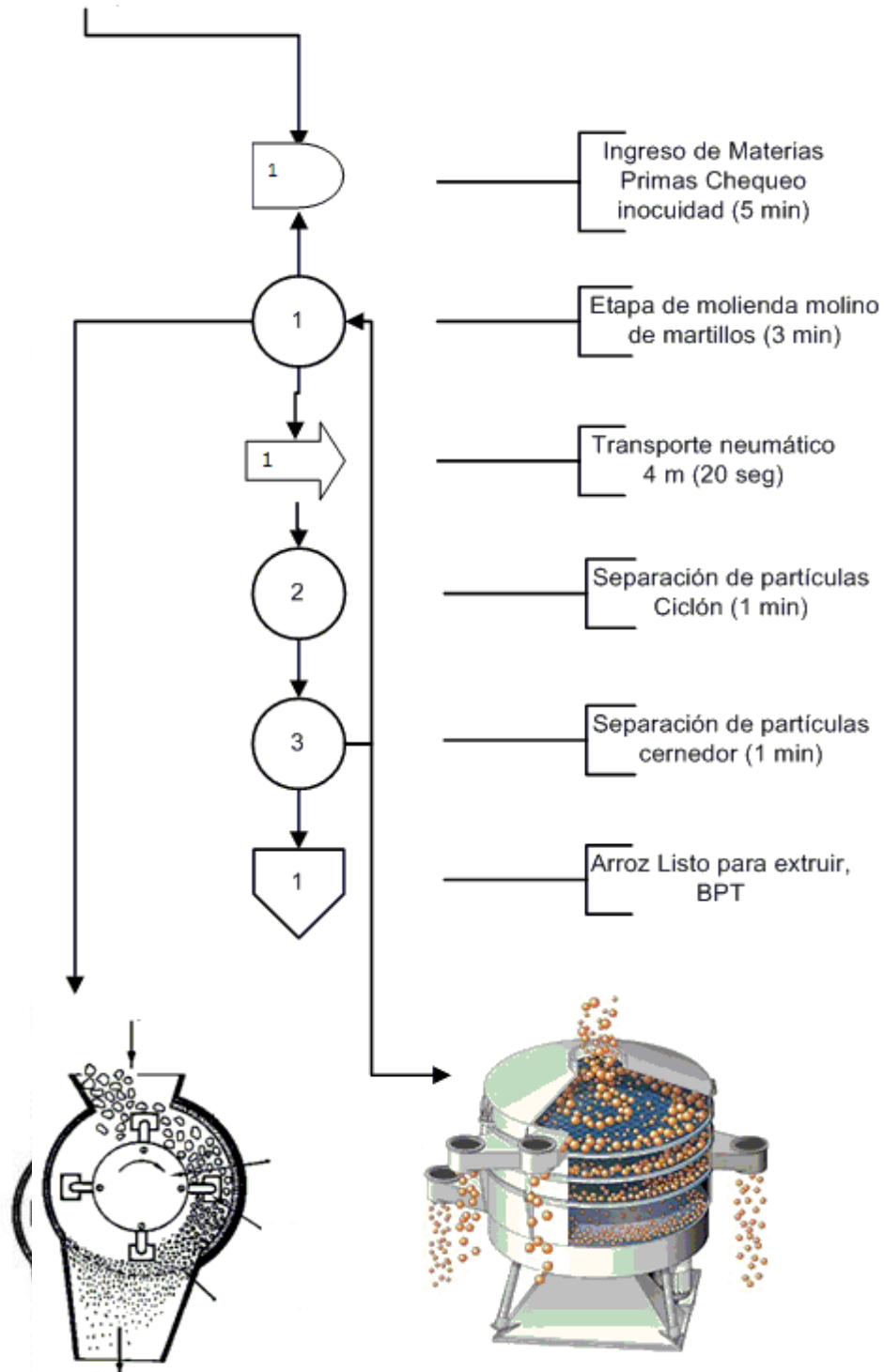


Tabla XI. Resumen diagrama de flujo proceso de molienda

FORMA	REPETICIONES	TIEMPO min
	3	5
	1	5
	1 4 metros	0.33
	1	
	Total	10.33

4.1.4 Control de calidad

Para garantizar la calidad de la molienda, tome las muestras de granulometría una vez por hora. Pese cada saco molido en sacos de 100lb.

4.2 Almacenamiento

El almacenamiento del arroz en grano o molido consiste en dos etapas: la recepción del arroz en grano al almacén, ésta recepción se debe llevar a cabo junto con el actual chequeo del departamento de aseguramiento de calidad, los puntos importantes a revisar son:

- Que los sacos estén limpios, principalmente que no exista evidencia de derrames de aceite.
- Que no exista contaminación biológica, es decir, gorgojos o gusanos.

Una vez se pasa la revisión se debe almacenar en tarimas plásticas de 30 unidades cada uno, debe ser colocado en el área de harinas a 50 cm de la pared y debe ser plenamente identificado.

Ubicación: bodega I parte interna

4.2.1 Condiciones de almacenamiento de materia prima

La harina de arroz molida debe colocarse en una tarima plástica y ser enviada a la planta de producción bodega I, cada saco debe ser de 100 lb y formar por tarima 25 unidades, no es conveniente moler y dejar reposar por mucho tiempo (más de 5 días) en otro lugar donde la temperatura sea menor de 20 grados porque se puede humedecer infestar o formar grumos, éstos grumos dificultaran la alimentación del extrusor.

Los sacos para el almacenaje pueden ser los mismos donde viene el arroz en grano, solo se debe asegurar que no estén sucios o que exista algún tipo de contaminación.

4.3 Procedimiento de limpieza

Procedimiento de limpieza, Línea de producción	
CEREALES, S.A.	
Revisión: 07/09/08	Autorizado:

Objetivo: crear las condiciones higiénicas necesarias para la producción de arroz recubierto con chocolate.

Alcance: ese procedimiento aplica a todas las etapas del proceso, desde la recepción alimentación hasta el enfriado y salida del producto.

4.3.1 Puntos de limpieza profundos

PUNTO CRITICO	RESPONSABLE	CONSECUENCIA
Extrusor	Operador I	Si no se limpia correctamente se taparan los moldes y provocara una parada de 3 horas mínimo
Secadora, eslabones de la cadena que mueve las bandas	Operador II	El producto se queda atrapado y puede provocar contaminación cruzada.
Duelas de la secadora y enfriadora	Operador II	Las duelas se pueden limpiar únicamente en una sección pequeña, el tiempo en dar una vuelta la banda es de 19 minutos, si no se espera el tiempo necesario no se logrará limpiar toda la banda.

4.3.2 Utensilios y herramientas de limpieza

Los utensilios y herramientas de limpieza deben obtenerse del almacén y obligatoriamente debe entregarse el utensilio en mal estado para la reposición. Los utensilios de limpieza son:

Tabla XII. Utensilios de limpieza y ubicación de uso

Utensilio/Herramienta	Equipos
1. Cepillo Sanitario Largo suave	Todos
2. Cepillo Sanitario Corto Suave	Todos
3. Cepillo Sanitario Duro	Todos
4. Cepillo Sanitario de 2 pulgadas	Todos
5. Aspiradora	Equipos de limpieza seca
6. Paño Limpiador de papel certificado.	Transportadores y elevadores
7. Bomba de presión de agua.	Secadora, Enfriadora y Cangilones

Instrucciones: mantenga los cepillos sanitarios y demás herramientas de limpieza en el armario bajo llave, para el uso de los cepillos tome en cuenta las siguientes anotaciones:

- Nunca lo utilice para limpiar en una superficie que no tenga contacto con el alimento.
- Nunca lo utilice para limpiar el piso
- Si observa deterioro en el cepillo, solicite otro de inmediato
- Utilice el paño después del cepillo para asegurar la desinfección.

4.3.3 Asignación del personal por área

Frecuencia de limpieza: después de cada cambio de producto.

Tabla XIII. Asignación de personal para limpieza y tiempo estándar.

Secuencia	Equipo	Puesto	Tiempo Estándar min
1	Mezcladora	Abastecedor	20
2	Cernedor	Abastecedor	10
1	Alimentador Rápido	Operador I	30
2	Acondicionador	Operador I	40
3	Extrusor	Operador I	10
3	Tolva de Elevación	Abastecedor	10
4	Cernedor metal	Abastecedor	20
5	Banda enfriadora	Abastecedor	15
6	Banda Reversible	Abastecedor	10
1	Banda Pesadora	Mezclador	20
1	Tumbler	Operador II	20
2	Secadora	Operador II	80
3	Enfriadora	Operador II	20
4	Cangilones	Operador II	20
2	Ollas de miel	Mezclador	20
3	Cernedor salida	Mezclador	30
4	Piso	Abastecedor/ Mezclador	20

4.3.4 Establecimiento de un tiempo estándar

Tabla XIV. Resumen de tiempo de limpieza

	Suma de tiempos (min)	En horas
Abastecedor	85	1.42
Operador I	80	1.33
Mezclador	90	1.50
Operador II	140	2.33

El tiempo que debe durar la limpieza debe estar entre 2.5 a 3 horas.

4.3.5 Metodología

Para lograr que la limpieza sea eficaz y rápida debe llevar a cabo la siguiente metodología inmediatamente al parar la línea:

1) El Operador del extrusor debe lavar los tornillos con la máquina en modo manual, coloque la velocidad del tornillo en 30%, alimente harina a 180Kg/h y agua a 70%, espere a que la tolva de alimentación se vacíe y también los tornillos del extrusor.

Retire el producto húmedo junto con el abastecedor y no olvide limpiar las puntas de los tornillos, sino lo hace el producto se secará y se soltará en el arranque tapando los moldes y obligará a una parada de por lo menos 3 horas.

2) El Operador del extrusor y el abastecedor desarmen el tornillo alimentador rápido y el acondicionador. Una vez desarmado el abastecedor y el operador inician la secuencia de limpieza que le corresponde (ver tabla de asignación de personal).

3) De forma simultánea al operador del extrusor, el operador del recubrimiento junto con el mezclador desarmen las tapaderas de la secadora, enfriadora y cangilones, una vez que terminan el mezclador y el operador inician la secuencia de limpieza (ver tabla de asignación de personal).

4) Al terminar la limpieza de los equipos se vuelven a armar y se procede entre todos a la limpieza de los empaques secundarios y el piso.

4.3.6 Verificación

Para la verificación de la limpieza se rediseña el siguiente formato, en el cual el supervisor de producción y el auxiliar de aseguramiento de calidad en conjunto verifican que la limpieza y sanitización sea la adecuada para que la línea puede arrancarse y producir libre de contaminación. Incluye la verificación de preparación de equipo de recubrimiento, estas partes están resaltadas con negrita. Si existe una no conformidad con la limpieza escriba la acción correctiva y el responsable.

Registro de Limpieza Línea de Producción	
CEREALES, S.A.	
Revisión:	
Autorizado:	

Operador:

Turno:

Secuencia	Equipo	Marque un check o una x	Acción Correctiva	Nombre del Responsable
1	Mezcladora			
2	Cernedor			
1	Alimentador Rápido			
2	Acondicionador			
3	Extrusor			
3	Tolva de elevación			
4	Cernedor metal			
5	Banda enfriadora			
6	Banda Reversible			
1	Banda Pesadora			
1	Tumbler			
2	Secadora			
3	Enfriadora			
4	Cangilones			
2	Ollas de miel			
1	Posición rociador			
1	Posición compuerta enfriadora			
1	Boquillas			
3	Cernedor salida			
4	Piso			

4.4 Etapa de extrusión:

Antes de iniciar la etapa de extrusión es necesario verificar que cada uno de los equipos que componen la línea esté en el modo automático y en el tablero principal de cuarto de control esté seleccionada la opción “Cereales con cobertura”. Si existe alguna alarma que le impide el arranque se debe dar aviso a mantenimiento y al supervisor de producción, la etapa de extrusión debe iniciar solamente si está firmada la hoja de verificación de la limpieza de la línea.

4.4.1 Preparación del equipo

La preparación del equipo es responsabilidad de ambos operadores y los puntos que deben verificar son:

- Presión de vapor, según la hoja de control de proceso
- El funcionamiento del sistema de transporte neumático
- El funcionamiento del extractor de vapores que está arriba del extrusor
- El funcionamiento de los elevadores de cangilones.

4.4.1.1 Grupo de corte

El grupo de corte o sistema de cuchillas es un factor determinante para la calidad del producto, para evitar roturas en las mismas y obtener un producto de calidad siga el procedimiento:

Procedimiento Para el Grupo de Corte
Revisión:
Autorizado:

Paso 1: mida en los dos extremos el ancho de cada cuchilla, deben coincidir el ancho de las 2 cuchillas, sino es el caso, sustitúyala.

Paso 2: observe que la base donde se colocan las cuchilla no esté lastimada, si lo está debe enviarla a mantenimiento para su rectificación.

Paso 3: coloque las 2 cuchillas en cada uno de los brazos de la base, cada cuchilla tiene dos tornillos. Con un destornillador de una vuelta al tornillo inferior y una vuelta al tornillo superior, repita así sucesivamente hasta lograr apretar bien ambos tornillos y siga con la siguiente, esto hará que el esfuerzo de la cuchilla sea uniforme y no se quiebre.

Paso 4: coloque cada brazo en la base de la cuchilla y empuje hasta el tope hacia donde está el motor y coloque los tornillos exactamente de la misma forma que se hizo en el paso anterior.

Paso 5: coloque una luz en la parte baja del molde

Paso 6: afloje los topes del motor y acérquelo cuidadosamente hacia el molde para no dañar el filo de la cuchilla. Busque una distancia aproximada de la mitad de un milímetro. Esta distancia debe ser uniforme a lo largo de la cuchilla y entre el molde puede usar de referencia el grosor de una hoja de 60 gramos.

Paso 7: si logro conseguir la misma distancia entre el molde y las 2 cuchillas, coloque los topes del motor y antes de retirar el grupo de corte aleje las cuchillas, como ya coloco los topes cuando arranque los topes no dejen que topen el molde y la cuchilla, evitando así un que topen y se quiebren.

Nota: si alguna de las cuchillas no tiene la distancia deseada afloje los tornillos y mueva la base hacia donde necesite, existe un pequeño ajuste entre el tornillo y la cuchilla para poder darle cierta inclinación, luego que tiene la distancia deseada, ajuste los tornillos como en el paso 4. Sino logro conseguir la distancia repita lo descrito en esta nota hasta que la distancia sea uniforme entre el molde y las 3 cuchillas.

Tiempo estándar de colocación: 25 minutos. Antes de iniciar el supervisor de producción debe verificar el grupo de corte.

4.4.1.2 Moldes

La colocación de los moldes es otro paso importante en la preparación del equipo, antes de colocarlo se debe verificar que la superficie sea uniforme, para esta operación genere una orden de servicio a mantenimiento para su chequeo o rectificación. Otra razón por la cual el molde sea un obstáculo para su colocación y la de las cuchillas, es la limpieza, asegúrese de limpiar completamente el molde antes de su colocación.

4.4.1.3 Seguridad

Al terminar de colocar las cuchillas, coloque la tapadera de seguridad que está en el grupo de corte, sino lo hace la línea se parará automáticamente al correr el grupo de corte. Esta tapadera impide que por algún motivo se tenga contacto accidental con cuchillas que están girando a una velocidad muy alta.

Una vez que el equipo está limpio y preparado, se procede al arranque de la extrusión.

4.4.2 Procedimiento de operación

Procedimiento de Operación, Etapa de Extrusión	
CEREALES, S.A.	
Revisión: 07/09/08	Autorizado:

Descripción: este procedimiento mejora la productividad y la eficiencia, previendo paradas innecesarias y disminuyendo los desperdicios.

Objetivo: mejorar el procedimiento de arranque y operación para disminuir los desperdicios y mejorar la calidad del producto.

Alcance: este procedimiento aplica a la extrusión de arroz recubierto con chocolate.

4.4.2.1 Fase de arranque de extrusión

Cerciórese de verificar los siguientes puntos:

1. El supervisor de producción, operador y el auxiliar de aseguramiento de calidad deben conjuntamente hacer el chequeo de limpieza de toda la línea en base a la hoja de verificación de limpieza.
2. El supervisor y el operador deben revisar la posición de las cuchillas y el molde y que todos los ayudantes estén en sus puestos de trabajo.
3. El supervisor y el operador deben verificar que todos los equipos que componen la línea estén en el modo automático y encendidos.
4. Se deben tener listas 2 mezclas, una en el silo y la otra en la mezcladora.
5. El mando principal del extrusor debe estar en automático.

Arranque:

Una vez que cumpla los 5 puntos ya puede iniciar el arranque, en la primera fase los equipos llegan a ciertas condiciones para permitir el arranque, pero no son las óptimas, comienza a subir la temperatura, la presión, la alimentación y la cantidad de agua, debe esperar por lo menos 2 minutos para pasar a la segunda fase “funcionamiento 3”. En esta etapa el operador ya puede modificar variables: proceda de la siguiente forma:

- Observe en cada cambio inmediatamente que la presión y la temperatura no excedan el límite, si esto pasa el extrusor se detiene y los moldes se tapan, para volver a arrancar debe desarmar y limpiar los moldes, aproximadamente 3 horas. Puede disminuir ambas variables agregando agua de forma manual por 5 segundos abriendo toda la llave.

- El objetivo de modificar las variables es llegar poco a poco a las condiciones óptimas de operación para que el producto procesado sea de calidad y que en esta estabilización no se desperdicie demasiado producto o tiempo en una parada innecesaria, la hoja de control de producción (4.6.1) especifica a que valores debe llevar todas las variables, pero eso no significa que puede hacerlo de cualquier forma.
- Una vez pasa a la fase de “funcionamiento 3” puede modificar todas las variables, para mejorar el rendimiento y la eficiencia proceda de la siguiente forma:

Los valores a los que debe llegar son los que indica la hoja de control de proceso

1. Aumente la dosificación en 50 kg.
2. Espere a que el indicador muestre el aumento de los 50kg y aumente 50Kg más, siga así hasta alcanzar la capacidad deseada.
3. Cuando el indicador muestre el último aumento disminuya la velocidad de los tornillos en 5%
4. Observe que el indicador de agua no vaya disminuyendo y que la temperatura y presión no se acerquen al límite en cada cambio que realice.
5. En este momento observe el producto y vea: su tamaño, su forma y la uniformidad entre todos los arrocitos.

6. Si el tamaño es muy grande aumente la cantidad de agua en 2%, esto hará que en el interior del extrusor disminuya la presión porque habrá mayor lubricación, si está muy pequeño disminuya la cantidad de agua en 2%.

7. En ese momento verifique como está el corte en el producto, puede tener rebaba, si es el caso acerque el motor de las cuchillas muy pero muy lentamente hacia el tope que le coloco al motor.

8. Compare la capacidad del indicador con la capacidad real, para hacerlo tome un cronometro y pese el producto por un minuto. Hágalo dos veces, si no coinciden y hay mucha diferencia, modifique la velocidad del tornillo del alimentador rápido tomando en cuenta:

- Si aumenta la velocidad disminuye la dosificación
- Si disminuye la velocidad aumenta la dosificación

Recuerde, esta modificación es diferente a la que estaba haciendo en los pasos anteriores, esta opción está en la pantalla siguiente del indicador principal.

9. Haga coincidir la capacidad real con la del indicador si observa rebaba en el producto.

10. En este paso el producto debe cumplir con las especificaciones requeridas, sino es el caso debe disminuir en 2% más la velocidad del tornillo, subir o bajar la cantidad de agua para lograr un flujo de producto adecuado dentro del molde, pasado 3 minutos no se logra mejorar el producto pare inmediatamente y cambie las cuchillas.

Nota: los problemas que se pueden presentar se analizaron con la gráfica de Pareto. Ver gráfica y análisis en el capítulo 3.

4.4.2.2 Puntos óptimos de operación de los equipos

Los puntos óptimos de operación no son exactamente los mismos siempre, recuerde que las condiciones de operación pueden variar si una harina es diferente o su granulometría, en las hojas de control (4.6.1) se establecen los rangos que se espera dentro de ellos se pueda obtener un producto de calidad, no existe un punto específico de velocidad, alimentación, o temperaturas que se repita todo el tiempo, en cada producción y que asegure que el producto saldrá exactamente igual.

Un aumento o disminución por ejemplo en 1% de la velocidad o la cantidad de agua en extrusor puede hacer salir el producto de las especificaciones de densidad o humedad. Se debe ser cuidadoso y medir constantemente los cambios realizados con la producción obtenida. De cualquier forma en las hojas de control los puntos de óptimos de operación se colocarán dentro de paréntesis a la par del rango.

4.4.2.3 Fase de estabilización del proceso de extrusión

Dentro de cada cambio en la alimentación, velocidad o agua el indicador análogo de la presión y temperatura estarán oscilando, esta es una forma de ver que el extrusor no se ha estabilizado, para calcular o poder decir que el extrusor está estabilizado significa que no habrá cambios y que los indicadores de presión, temperatura y agua se mantendrán casi estables, cuando se alcanza la estabilización es cuando se puede medir que la capacidad real coincida con la del tablero principal.

4.4.2.3.1 Medición de características del producto

Alcanzadas los puntos óptimos de operación se procede inmediatamente a medir las características o especificaciones de calidad: humedad, densidad y apariencia, estas son las más importantes, de la humedad dependerá la vida en estantería, la densidad, para que el producto se ajuste en el empaque y la apariencia porque lo que se ofrece al cliente el producto en forma de arroz.

4.4.2.3.1.1 Densidad

La densidad relaciona a la masa con el volumen, para medirla después de la extrusión se cuenta con un recipiente, el cual se debe llenar sin acomodar el producto, es decir, se debe llenar tal y como salga en la banda transportadora. Mida la densidad como una referencia en la fase de arranque pero tenga presente que si hace cambios en el extrusor debe volver a medirla.

Para el control de la densidad se propone una gráfica de control, un análisis de cp y cpk como la que verá en el siguiente apartado 4.4.2.3.1.2 de humedad.

4.4.2.3.1.2 Humedad

La humedad se calcula con una maquina que evapora el agua y cambia el peso de una muestra, por ejemplo a 60 grados se somete una muestra de 5 gramos de producto extruido molido, se deja en éste equipo durante 5 minutos, al terminar se obtiene unos gramos menos, quiere decir que el resto que se perdió era humedad. Así es como se sabe que porcentaje de humedad lleva el producto final.

En la humedad del producto se debe tener un buen control, debemos recordar que nuestro producto final, es decir, ya recubierto solo permite el 3% de humedad, la secadora trabajará a la temperatura descrita en las hojas de proceso, si extruye producto con mayor humedad la secadora no logrará reducirlo y será destinado a reproceso.

Esa es la razón por la que el producto no debe llevar más humedad y principalmente porque un producto más húmedo tiene menos vida en estantería.

Para poder mantener éstas dos variables críticas bajo control se diseña el siguiente gráfico de control, el cual se debe revisar cada 10 minutos durante el arranque y después cada hora, cada vez que se necesite hacer un análisis, por día o por mes podrá generar este análisis de capacidad o CPK para ver si el proceso está bajo control o mediante el análisis determinar algún problema durante una etapa de tiempo.

Figura 16. Gráficos de control de humedad

SnapStat: Evaluación de Capabilidad (V. Individuales)

Datos/Variable: Col_1

Distribución: Normal

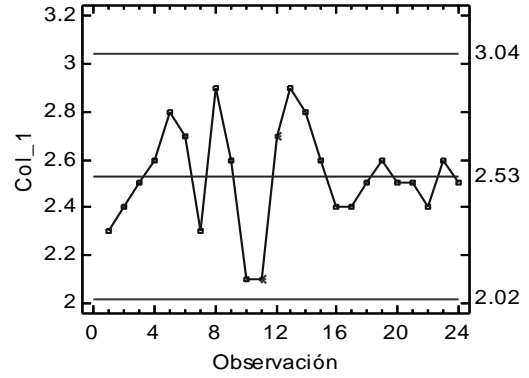
Selección de la Variable: Col_1

Tamaño de muestra = 24 Media = 2.52917

Especificaciones	Fuera de Especs.	Valor-Z
LSE = 3	0.000000%	2.20
Nom = 2.5		
LIE = 2	0.000000%	-2.48

Capabilidad a Largo Plazo	Capabilidad a Corto Plazo
Sigma = 0.213621	Sigma = 0.169596
Pp = 0.78	Cp = 0.98
Ppk = 0.73	Cpk = 0.93
DPM = 20382.38	DPM = 3653.76

Gráfico X



Histograma de Capabilidad

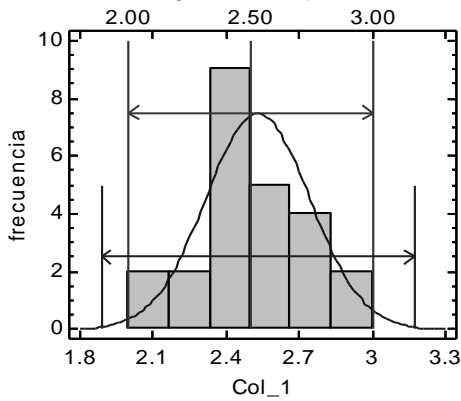


Gráfico de Rangos

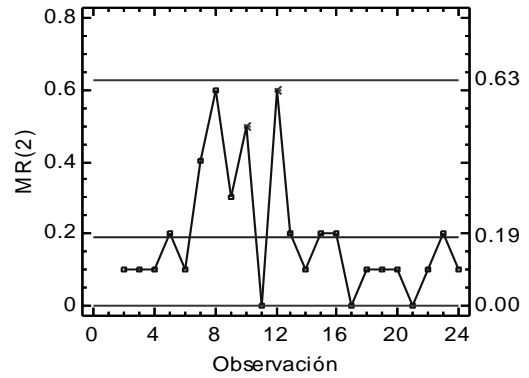


Gráfico de Probabilidad

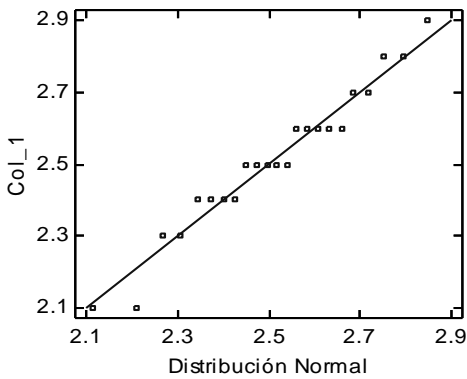
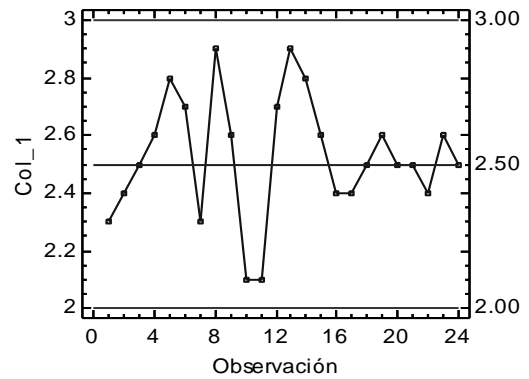


Gráfico de Tolerancia



4.5.2.2.3 Especificaciones del producto

Únicamente se recomienda que para los empaques pequeños el producto salga un poco más pesado, esto debido a un problema de las mordazas en el empaque. Se diseñó la tabla XVIII para el ingreso de las especificaciones del producto.

4.5.2.2.3.1 Capacidad de extrusión

La capacidad de extrusión o dosificación como se habrá notado en puntos anteriores tiene una gran importancia en el proceso, cuando el extrusor se encuentra estable lo único que queda es esperar a terminar la producción.

La dosificación tiene un papel importante la cantidad de agua, la cantidad de agua se coloca en función de un porcentaje en relación con la cantidad de harina que le está ingresando al extrusor, por ejemplo si el indicador de agua dice 10% significa que el extrusor le esta agregando un 10% de agua del total de harina que está alimentando. Como no existe una báscula de pesado para la alimentación, sino que es volumétrico este dato podría oscilar por un taponamiento en la harina y como consecuencia la cantidad de agua que se mantiene estable cambiara de tamaño el producto por el nivel de gelatinización. Recuerde a mas agua menor presión lo que significa menor cocción.

Una vez alcanzada la fase de estabilización puede aumentar la capacidad hasta en un 12%, siendo el mismo procedimiento de operación de arranque, durante cada cambio a los 5 ó 10 minutos puede visualizar el cambio hecho a nivel de extrusión.

Este proyecto busca mejorar el rendimiento pero implica mejora continua, es por eso que la dosificación debe ser controlada, la dosificación es controlada por el operador, son 2 operadores y podrían llegar ser 4 los que pueden cambiar las condiciones de operación, es por eso que la dosificación se debe controlar con un gráfico de control y con un Cp y Cpk, al ingresar los datos de dosificación también se debe ingresar la fecha, el nombre del operador y el turno para que en determinado momento se pueda determinar si es una persona en específico la que está causando los desperdicios y tomar la respectiva acción correctiva.

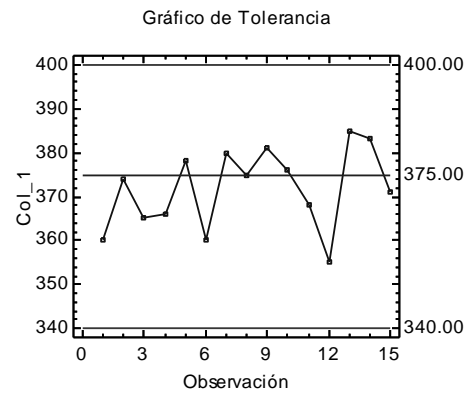
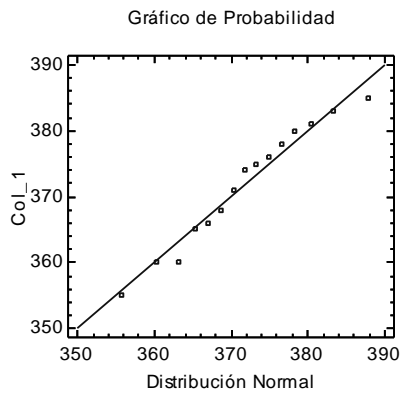
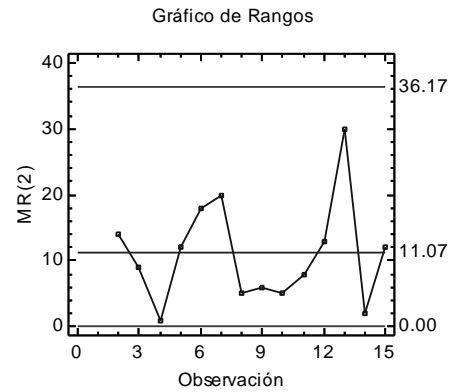
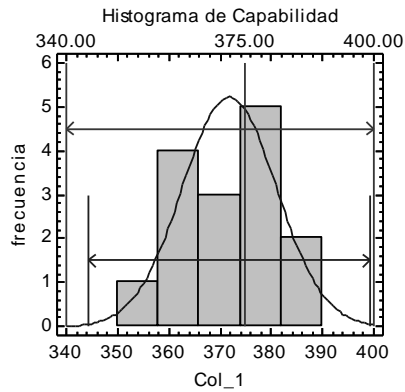
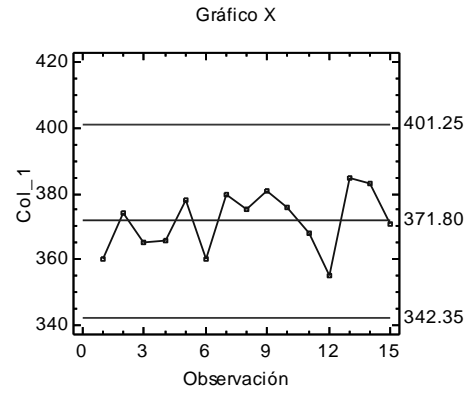
Se debe tener en cuenta que para analizar este gráfico, se debe comparar las fechas de control de la humedad y densidad y verificar también el gráfico de control y cp.

Figura 17. Gráfico de control de alimentación en el extrusor

SnapStat: Evaluación de Capabilidad (V. Individuales)
 Datos/Variable: Col_1
 Distribución: Normal
 Selección de la Variable: Col_1
 Tamaño de muestra = 15 Media = 371.8

Especificaciones	Fuera de Especs.	Valor-Z
LSE = 400	0.000000%	3.07
Nom = 375		
LIE = 340	0.000000%	-3.47

Capabilidad a Largo Plazo	Capabilidad a Corto Plazo
Sigma = 9.1745	Sigma = 9.8151
Pp = 1.09	Cp = 1.02
Ppk = 1.02	Cpk = 0.96
DPM = 1321.09	DPM = 2630.13



4.5.2.2.4 Almacenamiento

Durante la fase de estabilización utiliza bolsa de polipropileno limpia para recibir el producto temporalmente mientras se estabiliza el proceso y se obtiene un producto de calidad, forme tarimas de 25 bolsas y rotule en la etiqueta asignada, coloque la fecha de producción y almacénelo en el área de graneles a 50 cm de la pared. No lo deje en otro lugar porque la temperatura es mayor o envíelo a empaque directamente.

4.5. Etapa de recubrimiento

. En esta etapa se mejora el rendimiento según el análisis de Ishikawa del capítulo 3. En esta etapa se debe mantener controlados los grados brix, respetando el orden de los ingredientes, las condiciones de secado y el porcentaje de azúcar. En los siguientes apartados se establece el control necesario para la reducción o eliminación de estos problemas.

4.5.1 Preparación del jarabe

Recuerde que los grados brix mide el porcentajes de sólidos comparado con la cantidad de líquidos, el porcentaje aumentará solamente si existe menos agua, es decir si el agua pasa mucho tiempo a una temperatura alta lo que provoca la evaporación.

Para hacer el jarabe primero llene la olla superior al 80% de su capacidad y caliente hasta que la temperatura alcance los 60 grados centígrados.

4.5.1.1 Orden para hacer mezcla

1. Llene la primera olla al 80% de agua y caliente hasta llegar a 60 grados
2. Agregue el azúcar y suba la temperatura a 90 grados. Asegúrese que el agitador este encendido en el momento de agregar el azúcar.
3. Agregue el chocolate pero primero tome una muestra para ver si el azúcar ya esta disuelta y de un tiempo de 12 minutos para que el chocolate se disuelva
4. Agregue la glucosa y espere 2 minutos
5. Agregue la manteca.

Para mantener el control del jarabe, la temperatura y el tiempo de cocimiento del jarabe se estable la siguiente hoja de control de preparación de jarabe:

CONTROL DE PREPARACIÓN DEL JARABE

PREPARACIÓN:

1. Llene la primera olla al 80% de agua y caliente hasta llegar a 60
2. Agregue el azúcar y suba la temperatura a 90 grados. Asegúrese que el agitador este encendido en el momento de agregar el azúcar.
3. Agregue el chocolate pero primero tome una muestra para ver si el azúcar ya esta disuelta y de un tiempo de 12 minutos.
4. Agregue la glucosa y espere 2 minutos
5. Agregue la manteca.

No.	Azúcar lote o fecha	Premix lote o fecha	Cocoa lote o fecha	Manteca lote o fecha	Hora inicio batch	Hora final batch	Grados Brix 73-76	Temperatura 80-82 °C	Verificación
1	ENV1256	24-08-09	JMV90-23	ASZ123	6:00AM	6:45AM	75	82	Firma Supervisor.
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Observaciones:

4.5.1.2 Tiempo de cocimiento

El tiempo ideal de cocimiento desde que se inicia hasta el llenado de la olla superior hasta que se agrega la manteca debe ser no menor a 45 minutos.

4.5.1.3 Temperatura

Las dos temperaturas que se deben monitorear son la de los 60 y 90 grados, cuando se agrega el azúcar por la cantidad tiende a disminuir un poco la temperatura por ese motivo inmediatamente se debe solicitar en el setpoint 90 grados, el tiempo de cocimiento de 40 minutos será efectivo si la temperatura se mantiene en 90 ± 2 °C. Tenga en cuenta que por un lapso de 4 ó 5 minutos la temperatura disminuirá a 55 grados debido a la cantidad de azúcar que se está agregando al inicio. Registre el control de temperatura en la hoja de control de preparación del jarabe.

4.5.1.4 Grados brix

Los grados brix van en aumento dependiendo de la evaporación del agua, si los grados brix están en 75 ó 76 después de los 45 minutos significa que la temperatura esta tan elevada que se está dando la cocción del jarabe, es decir, invirtiendo azúcar. Recuerde que debe invertir totalmente el azúcar para evitar que se cristalice en el momento que se transporte a través de la tubería.

La forma como se sabe que el jarabe está listo es cuando alcanza los grados brix entre 74 y 76%.

- Si los grados brix son menores significa que o no se ha cocido el jarabe (no se ha evaporado nada de agua) o faltó agregar algún ingrediente, debe revisar la temperatura.

- Si los grados brix son mayores al rango requerido el agua se está evaporando demasiado rápido, controle la temperatura y agregue un poco más de agua.

- Recuerde si los grados brix son menores o mayores al rango permitido el rendimiento y la calidad del producto será deficiente.

4.5.2. Procedimiento de recubrimiento

Del proceso de recubrimiento depende el sabor y la apariencia del producto, para la solución de los problemas del capítulo 3 verifique los siguientes apartados y regístrelos en la hoja de control de proceso (4.6.1)

4.5.2.1 Velocidad del tumbler

La velocidad del tumbler debe ser en un rango de 30 a 35%, siendo el óptimo 33%. La limpieza del tumbler en la salida debe ser cada 3 horas. Si no se limpia el producto se estará regresando y absorberá más jarabe.

4.5.2.2 Relación de producto y jarabe

Para arrancar el proceso de recubrimiento debe indicar en el tablero principal la cantidad de producto que debe agregar al tumbler por hora así como también la cantidad de jarabe, el porcentaje de jarabe debe estar entre 60 y 65% del producto.

Recuerde aparte de llevar azúcar y los demás ingredientes el jarabe lleva agua, la cual se evaporara al pasar por la secadora y el porcentaje real de jarabe oscilará entre un 42 ó 45%.

4.5.3 Medición del porcentaje de azúcar.

Para controlar el porcentaje de azúcar se utilizará otro gráfico de control y un cp. Como se muestra en la figura 18 y 19 en donde se puede observar varios puntos bajo el valor nominal en el gráfico de rangos, lo que significa que durante un tiempo de 4 horas no se logró obtener el porcentaje de azúcar establecido.

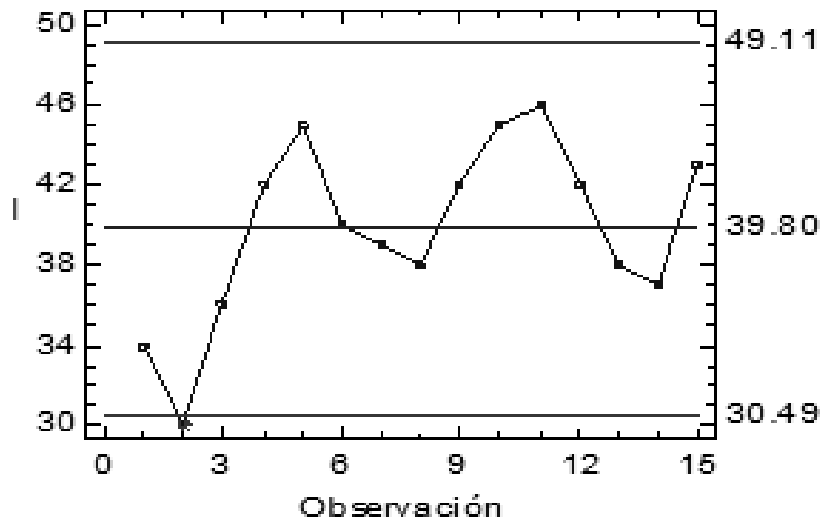
Figura 18 y 19. Gráficos de control de azúcar

SnapStat: Evaluación de Capabilidad (V. Individuales)
 Datos/Variable: Col_1
 Distribución: Normal
 Selección de la Variable: Col_1
 Tamaño de muestra = 15 Media = 39.8

Especificaciones	Fuera de Especs.	Valor-Z
LSE = 45	6.666667%	1.17
Nom = 43		
LIE = 42	53.333333%	0.50

Capabilidad a Largo Plazo	Capabilidad a Corto Plazo
Sigma = 4.44329	Sigma = 3.10284
Pp = 0.11	Cp = 0.16
Ppk = -0.17	Cpk = -0.24
DPM = 810685.84	DPM = 807727.93

Gráfico X



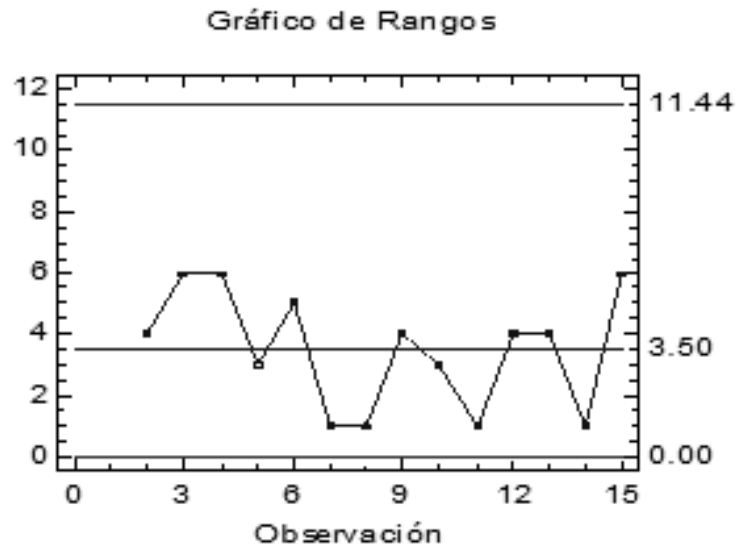
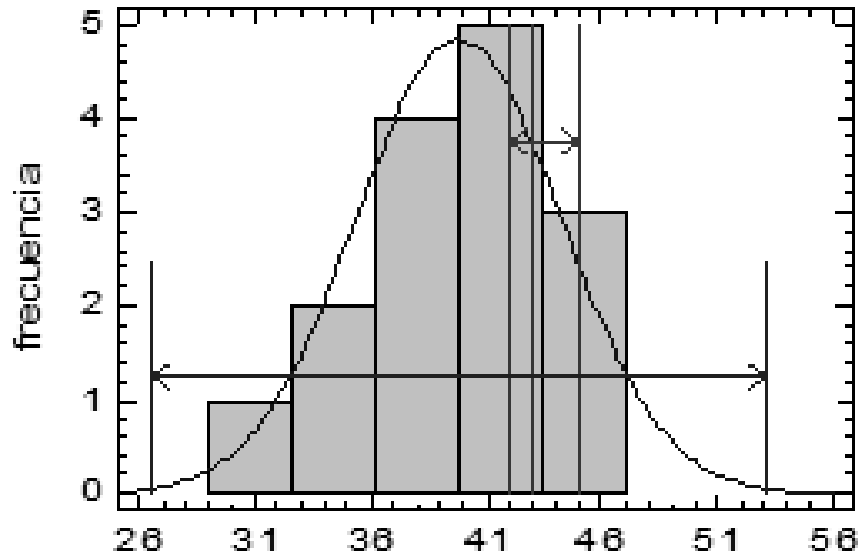


Figura 20. Histograma de Cpk del proceso de recubrimiento



4.5.4 Etapa de secado

Esta es la penúltima etapa del proceso y solo se verifica sus condiciones de arranque según la hoja de control de proceso para mantener los valores bajo control.

4.5.4.1 Velocidad de bandas de secadora

Debido al funcionamiento de la secadora la velocidad de la banda determinara al alto de la cama, recuerde que el aire de la secadora pasa a través de las duelas y lógicamente a través del producto, si la cama de producto es muy alta el aire no saldrá completamente y la parte superior estará mas húmeda, la velocidad de la banda debe ser de 78%

4.5.4.2 Presión

La secadora funciona con aire caliente, el vapor debe estar entre 4.5 y 5 bar. Y todas las llaves de los radiadores deben estar completamente abiertas.

4.5.4.3 Posición del rociador

Para evitar problemas de humedad por ancho de cama de producto la posición del rociador debe ser verificada junto con el chequeo de limpieza (ver 4.3.6)

4.5.4.4 Límite de capacidad

El límite de capacidad queda determinado por la humedad, si el equipo está controlado y también o están las variables para la humedad y el producto supera el rango de humedad significa que la capacidad de producción llego a su límite máximo.

4.6 Rediseño del formato de registros de producción

En las nuevas hojas de control están las variables del proceso que se deben controlar, en cada parámetro de ser necesario encontrará un rango y entre paréntesis el valor óptimo de cada equipo, adicional a estos valores se solicitan cantidades como por ejemplo el porcentaje de subproducto obtenido durante el arranque, durante el proceso y el subproducto en recubrimiento, además de la causa. Por otra parte la hoja permite establecer una suma de tiempo de parada que permitirá medir la eficiencia de la línea.

4.6.1 Hojas de control

Se diseño 2 hojas de control de producción, una para extrusión, recubrimiento y la otra para la preparación del jarabe, el control de las variables de los equipos se solicitan datos para evaluar la eficiencia y el rendimiento, turno, nombre del operador, supervisor y si es necesario se incluye un procedimiento para el análisis de causa de una falla y su ciclo de mejora continua, ésta hoja permite el análisis de determinación de la causa, puede ser específica para una acción correctiva o una oportunidad de mejora.

En este apartado encontrará el procedimiento de revisión y mejora continua, las hojas de control de proceso para la extrusión y para la etapa de recubrimiento, en estas hojas se solicitan los datos más importantes del proceso de producción, su monitoreo y verificación son importantes para el funcionamiento del sistema.

Procedimiento de revisión y mejora continua CEREALES, S.A.	
Revisión: 07/09/08	Autorizado:

Descripción: este procedimiento contribuye con la mejora continua para la solución y seguimiento a los problemas de producción u oportunidades de mejora.

Objetivo: mejorar continuamente el proceso, permitir el análisis para determinar fallas en el proceso y evitar mediante la implementación de la acción correctiva la probabilidad de ocurrencia.

Alcance: este procedimiento aplica a la extrusión de arroz recubierto con chocolate.

Para cumplir con el procedimiento se pide llenar la siguiente información:

Tabla XV. Análisis de seguimiento y mejora.

ETAPA DEL SEGUIMIENTO	Descripción e Información:
Descripción del problema:	
Tipo de falla: (operativa o mecánica u oportunidad mejora)	
Nombres de los participantes:	
Fecha y hora:	
Acción correctiva:	
Corrección:	
Responsable de seguimiento:	
Monitoreo y frecuencia	
Verificación:	
Validación:	
Firmas:	

Para el análisis de causa se recomienda usar el diagrama de Ishikawa o lluvia de ideas. Además es necesario crear un correlativo de las acciones correctivas y el almacenamiento y protección de éstos documentos.

Cuando se genere una acción correctiva o un análisis para la mejora deben existir registros donde se hace constar que todo el personal administrativo y operativo estuvo enterado y fueron partícipes del seguimiento.

Seguimiento y medición:

Se recomienda una revisión semestral del proceso para la mejora continua, independientemente de las acciones correctivas. La información de entrada para la revisión deben ser las hojas de acciones correctivas u oportunidades de mejora según éste procedimiento.

La alta dirección debe designar un equipo de trabajo responsable del seguimiento y mejora del proceso.

En las revisiones genere un documento (plan de acción) con la siguiente información para cada oportunidad de mejora o seguimiento:

1. Descripción del problema
2. Fecha de inicio del plan de acción
3. Fecha límite para la implementación
4. Recursos
5. Responsable

Registros: documente la revisión y las acciones correctivas utilizando la información según la tabla de análisis de causa.

HOJA DE CONTROL DE PROCESO

FECHA

Supervisor: _____

TURNO DIURNO

TURNO NOCTURNO

Descripción	Valor std.	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00
Ingredientes secos		Listo											
Humedad de mezcla base	10 - 12.00	10											
Extruder													
Bomba color café		√											
Carcasa 2 y 3	vapor 3 bar												
Carcasa 4	vapor 4 bar	√											
Carcasa 5	vapor 2 bar	√											
Torque	48-52%	50											
Velocidad de tornillo	(45) 44-46%	46											
Velocidad cortadora	(46) 40-50%	46											
Temp acondicionador	ambiente	√											
Líquido 1	7%	6.5											
Dosificación	650	649											
Presión de salida	40-50 bar	45											
Temperatura de salida	165-167 °C	165											

		07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00
Humedad producto	2.5 - 3%	2.8										
Densidad producto base	240-270	245										
Porcentaje de Azúcar	40-50%	45										
Temperatura de jarabe	60 - 90 °C	81										
Alimentación Base	ideal	√										
Valor nominal de jarabe	62%	62%										
Alimentación de jarabe	62% Producto 60 - 65%	63%										
Densidad producto terminado	410-425	410										
Velocidad del tumbler	(33%) 30 -35	33%										
Sistema de secado												
Velocidad de las bandas	(78%) 75 - 80%	79										
Tiempo de residencia	25 min	24										
Presión de vapor	(5 bar) 5- 6	5										
Temperatura secadora	135	135										
Verificación Supervisor												
Desperdicio Turno kg	250kg	Tiempo de Paradas (hrs):			1 hora	Producto Obtenido Kg:			12,000			

4.6.1.1 Frecuencia

Actualmente el monitoreo de las variables de los equipos y de las especificaciones del producto es cada hora, sin embargo para evitar el desperdicio durante el arranque se asignará cada media hora durante las primeras 2 horas. Tiempo que sirve para que se establezca la línea de producción.

4.6.1.2 Verificación

La verificación del proceso es parte del supervisor de producción, se agrega en las hojas de control también cuadros para que el supervisor verifique la correcta operación de la línea y que se está controlando el proceso a través de las hojas de control, el registro para hacer válida la verificación es la firma de cada supervisor en los 3 turnos. Respetando la frecuencia que será cada hora o en cada batch.

4.6.1.3 Datos para Indicadores

Para medir la productividad, la eficiencia y el rendimiento se necesitan llenar correctamente las hojas de control de proceso, a partir de éstas hojas se deberá digitar esta información en Excel o el software propuesto para que se muestren la eficiencia, la productividad y los rendimientos diarios, por semana o mensuales.

Desperdicio en el arranque: es la cantidad de producto pesada antes de iniciar el corte en la extrusión, éste producto generalmente no tiene la forma y especificaciones requeridas.

Desperdicio por características fuera de especificación: pese el desperdicio del producto que no cumple con la humedad, densidad y recubrimiento.

4.6.2 Hoja de entrega de turno

Para evitar errores de comunicación durante el seguimiento a la producción se diseñó una hoja de entrega de turno contendrá la información necesaria para el seguimiento o solución de un problema en el proceso. La densidad, humedad deben coincidir con las mediciones de Aseguramiento de Calidad y el dato que se debe escribir es un promedio. En la sección de observaciones especifique como ha estado en general la producción durante su turno y si existe alguna falla mecánica pendiente o que haya sido reparada.

CEREALES, S.A

HOJA DE CAMBIO DE TURNO

Fecha:

Turno:

Supervisor:

Operador:

Producto:

Densidad:

Humedad:

% de azúcar:

Dosificación:

Subproducto:

Cant. Producto:

Resumen de
turno:

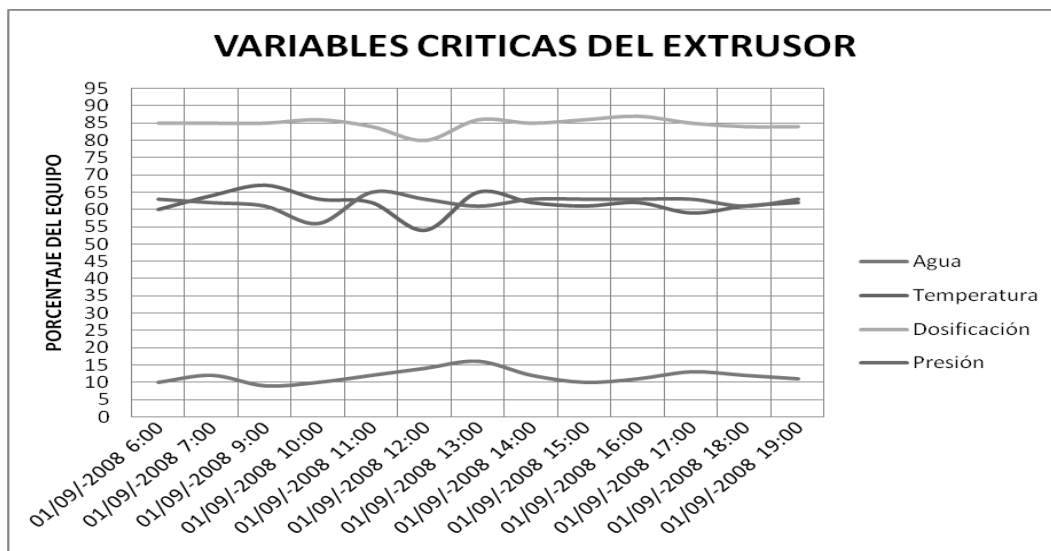
4.6 Evaluación del sistema de control de la producción

Mediante una hoja electrónica de Excel se puede utilizar un sistema de evaluación que incluye: operadores, supervisores, desperdicios, rendimiento y eficiencia, los datos son obtenidos de la hoja de entrega de turno y la hoja de control de la producción. Se debe digitar esta información diariamente para ver los resultados.

4.6.4 Gráficos de control

Durante cada punto a lo largo de la propuesta se han especificado gráficos de control y Cp los cuales permitirán mantener el proceso bajo control y aplicar la mejora continua, para la extrusión no realizó ningún gráfico porque el mismo equipo va graficando cada 5 minutos cada una de las variables en un mismo gráfico, lo que se hará es reforzar al personal. La gráfica que muestra el extrusor es está y es de mucha utilidad para visualizar las variables críticas durante la producción. (Ver fig. 21)

Figura 21. Gráficas para controlar el proceso de extrusión.



4.6.5 Reportes estadísticos

Los reportes estadísticos se muestran en una hoja de Excel y en la propuesta del programa Staticsgraphics Centurion, éste programa genera información actual e histórica y lo hace muy fácilmente. Los reportes estadísticos que se incluyen son gráficos de control de la humedad, azúcar y la densidad del producto en toda la producción.

4.6.6 Indicadores de productividad y eficiencia

Para obtener la eficiencia y productividad se debe ingresar datos a una hoja electrónica, en esta hoja y las gráficas que se presentan permiten visualizar:

- El operador que tuvo más desperdicio
- El operador que mantuvo el producto bajo control durante su turno
- La eficiencia de cada Operador y su productividad
- Si existió una falla, se puede comparar los datos con las hojas de proceso para buscar la causa.
- La eficiencia de una corrida total de producción
- La productividad de una corrida total de producción.
- El tiempo de parada
- El control de humedad, densidad y azúcar.

Tabla XVI. Tabla para el cálculo de productividad factor humano

Muestras	Kg/h esperados	Kg/turno	Productividad kg/h-h
1	880	10560	146.67
2	890	10680	148.33
3	878	10536	146.33
4	885	10620	147.50
5	888	10656	148.00
6	879	10548	146.50
7	886	10632	147.67
8	890	10680	148.33

Productividad Promedio: 147.42

Tabla XVII. Resumen proyección de productividad después de la implementación

Descripción	Kg/h-h
Productividad antes:	137.91
Productividad después:	147.42
Posible mejora:	9.51

Porcentaje de mejora: 6.90%

Con la implementación del proyecto se espera un porcentaje de mejora de la productividad por factor humano mayor a 6.90%

PRODUCTIVIDAD POR INSUMO

Tomando como base después de la implementación una producción de cereal promedio por turno de 10614 kg se espera la siguiente productividad por insumo:

Productividad por insumo antes: 1.53 kg/ kg de arroz

Productividad por insumo después: 10614 kg / 6477.41 kg de arroz =

1.638 kg de producto /kg de arroz

Mejora de productividad por insumo después de la implementación:

$$1.638 - 1.53 \text{ kg/ kg de producto} = 0.108 \frac{\text{kg de producto}}{\text{Kg de arroz}}$$

Con la implementación del proyecto se espera una mejora en la productividad mayor a un 6.9%.

EFICIENCIA

Tabla XVIII. Datos para los gráficos de control y rendimientos

Fecha y hora	Humedad 2.5 - 3%	Densidad 240 - 270	Azúcar 40 - 45%	Grados brix 74 - 76	Operador	Desperdicio Kg	Tiempo de paradas y motivo
011008-2:00	2.3	250	40	74	Pedro	10	
011008-3:00	2.4	260	42	76	Pedro	5	
011008-4:00	2.3	260	44	75	Pedro	4	
011008-5:00	2.4	240	43	75	Pedro	0	
011008-6:00	2	250	42	76	Pedro	0	
011008-7:00	2.5	250	42	75	Pedro	0	
011008-8:00	2.6	260	42	76	Pedro	2	
011008-9:00	2.7	270	43	77	Pedro	2	
011008-10:00	2.6	243	44	75	Pedro	2	
011008-11:00	2.4	245	44	74	Pedro	1	
011008-12:00	3.2	240	43	76	Pedro	0	
021008-01:00	3.5	235	45	74	Luis	13	
021008-02:00	3.7	230	47	75	Luis	14	
021008-03:00	3.8	225	46	77	Luis	10	
021008-04:00	4	225	48	76	Luis	14	
021008-05:00	4.5	230	44	75	Luis	19	
021008-06:00	3.9	236	46	76	Luis	12	

Tabla XIX. Datos para la medición de eficiencia para el operador, producción esperada 900Kg por hora

Fecha	Desperdicio	Producido bueno	Eficiencia	Operador
011008	26	845	94%	Pedro
21008	82	870	97%	Luis

Figura 22. Gráficos de eficiencia por operario.



4.7 Capacitación al personal operativo

Recursos:

- Pizarra
- Proyector
- Salón de Audiovisuales
- Impresiones
- Equipo de extrusión
- Maquinaria y Equipo

Metodología:

- Clase Magistral: uso del salón de audiovisuales para cada una de las capacitaciones.
- Entrenamiento: se debe ejecutar en la práctica lo descrito en este trabajo de graduación.
- Práctica: a cada uno de los operadores se les debe evaluar en la práctica, principalmente el procedimiento operativo de arranque.

Evaluación:

- Práctica.
- Teórica: forma correcta de llenar los registros.

4.7.1 Capacitación para el llenado de formatos

Para poder llevar el monitoreo, los análisis y la frecuencia correctamente es necesario que los operadores sean capacitados sobre cómo llenar los registros correspondientes, el control de proceso, el procedimiento del jarabe, los registros de limpiezas etc. Deben cumplir con nombres y datos que se soliciten a la hora que corresponde y con las firmas respectivas para validar el procedimiento.

Para la capacitación sobre los registros se imprimió un registro de cada una de las etapas lleno como ejemplo y en la clase magistral se debe explicar la frecuencia y los demás datos que se deben llenar.

Duración de la capacitación: 1 hora.

4.7.2 Capacitación del procedimiento operativo

Proceso clave para que disminuyan los desperdicios y los tiempos muertos. Debido a esta importancia se recomienda que además de la clase magistral se tenga un entrenamiento in situ.

Duración: 6 horas

Periodicidad: cada 2 días, 2 horas por día.

Práctica: una vez por operador, bajo supervisión.

4.7.3 Capacitación de los puntos críticos del proceso.

Capacitación sobre sensibilización y la contaminación cruzada. Es importante que el personal operativo sea consciente de la importancia de la limpieza para evitar que el consumidor sea afectado.

Duración: 2 horas

Periodicidad: 1 día.

Práctica: 1 vez por turno, bajo supervisión.

5. PLAN DE CONTINGENCIA

5.1 Identificación de puntos de riesgo de accidente.

Tubería de vapor: tubería no identificada, puede provocar quemaduras

Carcasa del extrusor: estas carcasas están siempre sometidas a temperaturas altas.

Tapadera del extrusor: riesgo por la cantidad de presión interna que existe

Radiadores: los radiadores de la secadora están a una temperatura alta

Tableros principales: bajo una descarga eléctrica muy fuerte puede provocar un incendio.

Tabla XX. Identificación de riesgo y peligrosidad

No.	Identificación del riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Peligrosidad
1	Tuberías de vapor	Baja	Baja
2	Carcasa del extrusor	Baja	Baja
3	Tapadera del extrusor	Media	Moderado
4	Radiadores	Baja	Baja
5	Tableros principales	Baja	Normal
6	Grupo de corte extrusor	Nula	Alta

5.1.1 Nivel de Riesgo

El nivel de riesgo es bajo debido a que las condiciones son controladas, sin embargo puede haber lesiones leves. Los riesgos se pueden clasificar según el daño en:

- Leve: heridas o quemaduras de primer grado
- Moderado o medio: heridas de segundo grado
- Alto: heridas que necesitan de atención médica inmediata.

La localización de los equipos que presentan riesgo y el calor que emiten hacen que la probabilidad de ocurrencia sea baja. De cualquier forma se recomienda en este punto señalar cada uno los riesgos.

5.1.2 Historia

En todos los años que se llevan de operación no existen registros de algún accidente grave, los equipos están diseñados con protección, por ejemplo, la tapadera del molde que sufre una presión muy alta consta de 16 tornillos de alta durabilidad y si estos no se colocan correctamente el producto saldría por los lados en forma de rebaba al iniciar la producción, es decir, el operador se daría cuenta inmediatamente si los tornillos no están bien colocados, además, si la presión supera el límite máximo el extrusor se para automáticamente.

Es obligatorio el uso de guantes especiales para utilizarlos en cualquier momento que se tenga contacto con el producto o el equipo si fuera necesario y las zonas de alta temperatura en toda la línea de producción no son de paso peatonal.

5.1.3 Tipo de prevención actual

Está terminantemente prohibido que una persona que no sea el operador toque cualquier parte del equipo. Es una cultura, además antes del ascenso para un operador se le capacita en temas de seguridad, por otra parte a los ayudantes o auxiliares de producción se les induce a su puesto de trabajo. Existen registros de la inducción del puesto.

5.1.4 Revisión de la señalización

Dentro de la revisión de la señalización se incluyó el pintar la tubería de vapor para diferenciarla, se propone colocar rótulos de ubicación de extintores y precaución (ver tabla XXI) en donde existen temperaturas altas. Además se sugiere colocar mallas protectoras sobre todo en la tubería de vapor que se encuentra atrás del extrusor.

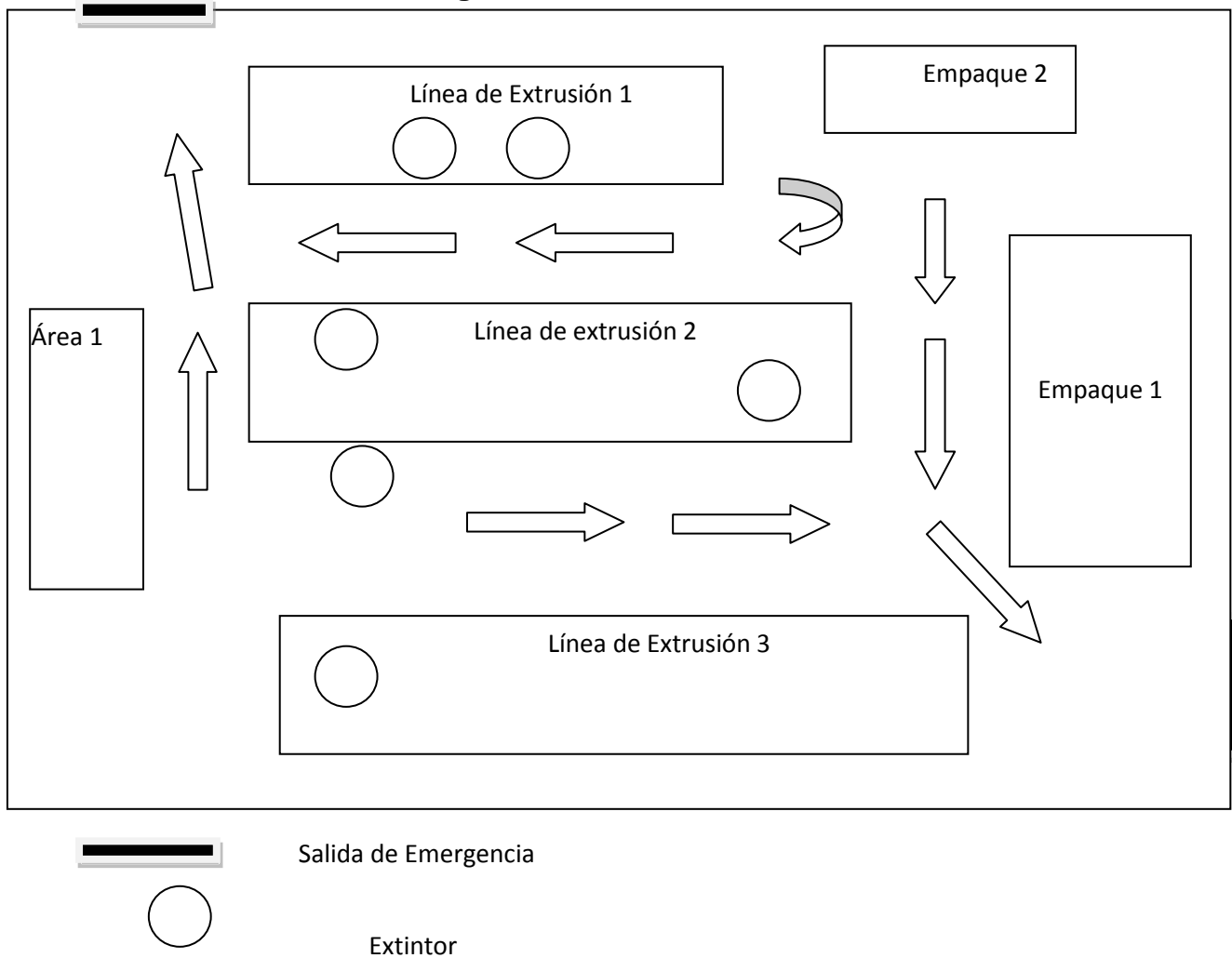
Tabla XXI. Ubicación de los extintores

Número	Ubicación de rotulo
1	Tableros eléctricos, cuarto de control
2	Tablero principal del extrusor
1	Tablero de control ollas de cocimiento
2	Secadora
3	Señalización en la tubería de vapor
1	Tapadera del extrusor
1	Carcasa del extrusor

5.2 Rutas de evacuación

Para la ruta de evacuación en caso de un siniestro se propone el siguiente diagrama, así como la solicitud propuesta de una puerta adicional de emergencia:

Fig. 23: Ruta de evacuación



5.2.3 Simulacros

Se debe realizar con todos los trabajadores simulacros para asegurar que todo el personal conozca la ruta de evacuación, también se hará un simulacro de un incendio para el respectivo entrenamiento del los extintores.

Caso 1:

- Activación de la sirena
- Cortar la energía eléctrica
- Ubicación y uso de lámparas de emergencia
- Ruta de evacuación.

Para cada una de las dificultades de los simulacros se recomienda generar una acción correctiva que incluya responsable. Se recomienda también que todo quede registrado.

Caso 2:

- Activación de la sirena
- Ubicación y obtención de los extintores
- Uso del extintor
- Primeros Auxilios

5.3 Extintores

La ubicación de los extintores se detalla en el diagrama de ruta de evacuación.

5.3.1 Tipos de extintores

Según el tipo de fuego que puede haber en caso de un siniestro los tipos de extintores que existen están conforme y son:

- Polvo químico: utilizado para fuego en líquidos inflamables y/o combustibles derivados del petróleo.
- De dióxido de carbono: utilizado para tableros eléctricos.

5.3.2 Análisis y ubicación de hidrantes

Por el tipo de riesgo y la probabilidad de ocurrencia se concluye que el hidrante que está instalado actualmente es suficiente en caso de una emergencia.

5.4 Capacitación

La capacitación debe ser específica para los tipos de riesgo y los puntos donde éstos se encuentran, el uso de los extintores su ubicación y la ruta de evacuación.

Recursos necesarios: diagrama de ruta de evacuación

Extintores

Pizarra

Manual de uso de los extintores

5.4.1 Qué hacer en caso de un incendio

En caso de un incendio o siniestro siga los siguientes pasos:

- Presione el botón de emergencia de la línea.
- Pida ayuda inmediata con la persona indicada.
- Utilice el extintor según sea el indicado
- Solucione el problema totalmente.
- Restringa el siniestro
- Realice un análisis de causa
- Haga sus acciones correctivas

5.4.2 Uso de extintores

- Ubique el extintor más cercano, bájelo y colóquelo en el piso, en posición vertical.
- Rompa el precinto y retire el pasador de seguridad.
- Retire la manguera y pruebe el equipo cerca del área del incendio.
- Diríjase al lugar del incendio y colóquese a una distancia prudencial (2 metros).
- Presione la manilla para descargar el agente extintor e inicie la extinción del incendio.
- Combata el incendio en la misma dirección del viento, de espalda a la salida del lugar.
- Dirija la boquilla o manguera del extintor a la base del incendio, con movimientos de lado a lado, en forma de abanico.

6. COSTO DEL PROYECTO

6.1 Costo directo

6.1.1 Mano de obra

Para el monitoreo, implementación y seguimiento es necesario la contratación de dos Digitadores, Para el seguimiento, análisis y conclusiones no es necesario ninguna contratación adicional. El costo del pago en función de la jornada laboral diurna y nocturna es la siguiente:

Tabla XXII. Costo mano de obra

Mínimo	L	SUELDO ORDINARIO, Quincenal	HORAS EXTRAS				SUELDO EXTRAORDINARIO, QUINCENAL				LIQUIDO A RECIBIR
			D. S.	D. D.	N. S.	N. D.	D.S.	D.D.	N.S.	N.D.	
1,600.00	30	800.00	11	11	19	11	110.00	146.67	253.33	195.56	1,505.56
1,600.00	30	800.00	11	11	19	11	110.00	146.67	253.33	195.56	1,505.56

Incentivo DC2007	PRESTACION	COSTO QUINCENA
125.00	649.65	2,280.20
125.00	649.65	2,280.20

6.2 Costo indirecto

6.2.1 Mobiliario y equipo

Tabla XXIII. Costo mobiliario y equipo

	Cant.	UNITARIO	VALOR ACTUAL	% DEPRECIACIÓN O AMORTIZACIÓN
MOBILIARIO Y EQUIPO				
Escritorio de oficina	1	Q 1,350.00	Q 1,350.00	20
Computadora de escritorio	1	Q 6,800.00	Q 6,800.00	33
Silla	1	Q 400.00	Q 400.00	20
Impresora	1	Q 450.00	Q 450.00	33
Software estadístico	1	Q 8,000.00	Q 8,000.00	33
Sumadora	1	Q 250.00	Q 250.00	20
TOTAL DE MOBILIARIO Y EQUIPO			Q 25,800.00	

VALOR DE DEPRECIACIÓN	VALOR NETO
Q 270.00	Q 1,620.00
Q 2,244.00	Q 9,044.00
Q 80.00	Q 480.00
Q 148.50	Q 598.50
Q 2,640.00	Q10,640.00
Q 50.00	Q 300.00
Q 8,026.50	Q22,682.50

6.2.2 Papelería y útiles

Tabla XXIV. Costo papelería y útiles

Papelería y útiles	Cant.	UNITARIO	VALOR ACTUAL	% DEPRECIACIÓN O AMORTIZACIÓN
Papel para impresora	1000	Q 0.04	Q 40.00	10
Insumos para impresora	1	Q 200.00	Q 200.00	10
Útiles de Oficina	1	Q 300.00	Q 300.00	10
TOTAL DE PAPELERIA Y ÚTILES			Q 540.00	

VALOR DE DEPRECIACIÓN		VALOR NETO	
Q	4.00	Q	44.00
Q	20.00	Q	220.00
Q	30.00	Q	330.00
Q	54.00	Q	594.00

6.2.3 Capacitaciones

Tabla XXV. Costo capacitación

Capacitación	Costo
Registros	Q 500.00
Procedimiento operativo	Q 1,000.00
Puntos críticos	Q 1,000.00
Plan de contingencia	Q 1000.00

6.3 Resumen costo de la inversión

INVERSIÓN

Mano de obra	Q 4560.4
Mobiliario y equipo	Q 22,682.50
Papelería y útiles	Q 594.00
Capacitaciones	Q 3,500.00
Total:	Q 31,336.00

6.4 Recuperación de la inversión

6.4.1 VAN

Tabla XXVI. Costo kg de desperdicio

Situación actual costo y desperdicio, valor actual

Mes	Kg/mes	Kg de Desperdicio	Desperdicio %	Costo Unitario	Total / mes
Noviembre	34555	3040.84	8.8	Q5.50	Q16,724.62
Diciembre	34,000	2380	7.00	Q5.50	Q13,090.00
Enero	33500	2646.5	7.90	Q5.50	Q14,555.75
Febrero	36,000	2880	8.00	Q5.50	Q15,840.00
Marzo	36320	2724	7.50	Q5.50	Q14,982.00
Abril	33,500	2713.5	8.10	Q5.50	Q14,924.25
Mayo	36450	3233.115	8.87	Q5.50	Q17,782.13
Junio	35,654	3387.13	9.50	Q5.50	Q18,629.22

Promedio

19964.245 Kg

Mensual:

Q15,816.00

Tabla XXVII. Proyección Ideal de Costo y desperdicio, valor nominal 4%

Mes	Kg/mes	Kg de desperdicio	Porcentaje Kg desperdicio	Costo Unitario	Total / mes
Noviembre	34555	1036.65	3	Q5.50	Q5,701.58
Diciembre	34,000	1088	3.20	Q5.50	Q5,984.00
Enero	33500	1139	3.40	Q5.50	Q6,264.50
Febrero	36,000	1224	3.40	Q5.50	Q6,732.00
Marzo	36320	1162.24	3.20	Q5.50	Q6,392.32
Abril	33,500	1005	3.00	Q5.50	Q5,527.50
Mayo	36450	1093.5	3.00	Q5.50	Q6,014.25
Junio	35,654	1247.89	3.50	Q5.50	Q6,863.40

Pro

medio Q6,1

7959.63 Kg Mensual: 84.94

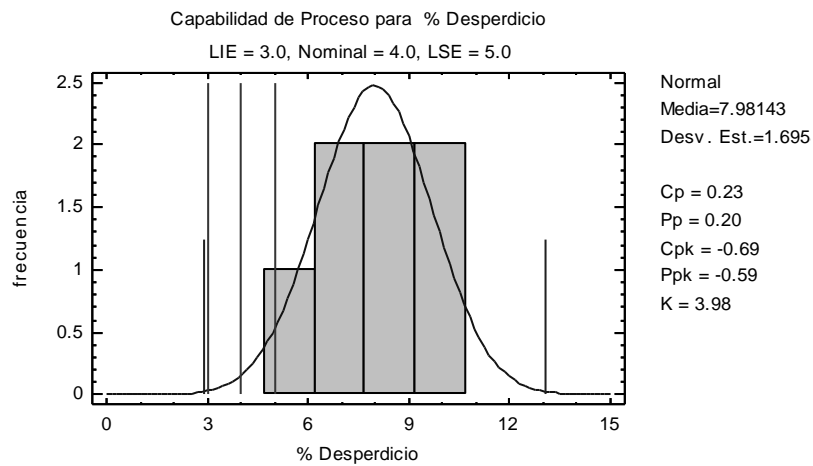
Costo desperdicio actual promedio mensual: Q15,816.00

Costo desperdicio ideal promedio mensual : Q6,184.94

Ahorro mensual implementación del proyecto: Q9,631.05

Gráfica de Cp, historial de desperdicio. La campana de gauss se encuentra fuera de los límites. El valor del Cp = 0.23. Proceso fuera de control

Fig. 241. Gráfico Cpk desperdicio.



$$VAN = -I + \frac{R[1 - (1 + i)^{-n}]}{i}$$

Cálculo de VAN	
Valor residual:	Q3,664
Pago:	5000
Interés mensual:	2.30%
Número meses:	6
Inversión:	Q31,336
Ahorro:	Q9,631

Van: (Q31,560.18)

6.4.2 TIR

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Descripción	Valores
Inversión Inicial:	-Q31,336.00
Ingreso mes 1:	Q9,631.00
Ingreso mes 2:	Q9,400.00
Ingreso mes 3:	Q9,200.00
Ingreso mes 4:	Q9,300.00
Ingreso mes 5:	Q8,950.00
Ingreso mes 6:	Q9,100.00

Tir: 20%

CONCLUSIONES

1. Conocer el funcionamiento del equipo y las principales variables que afectan al proceso como presión de vapor, amperaje o torque del motor y el proceso químico permitieron establecer el procedimiento de arranque y control en la producción.
2. Un sistema de control de producción debe ser orientado a la mejora continua, el ciclo PHVA permitió establecer los procedimientos para mantener un control y seguimiento en la producción, no existe una mejora sin que se verifiquen los procedimientos que se establecen y se tomen las acciones necesarias.
3. Para la efectividad del proyecto es necesario el involucramiento del personal, los índices de calidad, eficiencia y productividad del capítulo 4 permiten la evaluación diaria para que el personal trabaje con metas de producción, es decir, el compromiso iniciará cuando ellos conozcan sus deficiencias y trabajen en equipo por metas.
4. Con la implementación del proyecto, el tiempo de limpieza efectiva disminuirá en un 40%
5. Las características de calidad: densidad, humedad, apariencia, porcentaje de azúcar se mantienen controladas por medio de los gráficos de control y la frecuencia de su monitoreo. Además, los análisis de cp y cpk permitirán la revisión y la toma de decisiones en las revisiones periódicas propuestas por la alta dirección.

6. Con la implementación del proyecto se espera un incremento en la productividad mayor al 6.9% actual.

7. Las hojas de control de proceso, la preparación del jarabe y las demás verificaciones que se crearon permitirán reducir los tiempos de paradas innecesarias aumentando la eficiencia en cada turno de producción hasta un 10% y 40% en una etapa de arranque.

8. Como se puede ver en el capítulo 6 el Van > 0 y la Tasa de Interés $< TIR$ indican que es un proyecto viable, pues la recuperación de la inversión se da en aproximadamente 4 meses por la disminución de desperdicio.

RECOMENDACIONES

1. Para que la planificación e implementación resulte exitosa es importante contar con el recurso humano desde el primer día. El software que se solicita también es necesario pero se puede iniciar los análisis con Microsoft Excel mientras se evidencia el funcionamiento del nuevo sistema de control.
2. Las capacitaciones impartidas deberán tener un entrenamiento in situ, utilizar la técnica de los 4 pasos para verificar su eficacia. Hacer énfasis en los procedimientos de arranque y verificación.
3. Es importante hacer reuniones periódicas con los operadores de la línea de producción y los supervisores por lo menos 2 veces por semana para informar los índices de eficiencia y productividad y que permitan visualizar si sus respectivos turnos de producción se mantuvieron controlados, mostrar en estas reuniones gráficos de control de características de calidad.
4. Se recomienda en los primeros 4 meses de implementación, hacer una revisión mensual por la dirección para el seguimiento al nuevo sistema de control.

BIBLIOGRAFÍA

1. W. Niebel, Benjamin. **Ingeniería industrial, Métodos, Tiempo.** México: McGraw-Hill, 2000. 1000 pp.
2. Torres, Sergio. **Control de la producción.** Guatemala: Editorial Universitaria, 2002, 216 pp.
3. Guerrero, Alba Maritza. **Preparación y evaluación de proyectos.** Guatemala: Editorial universitaria USAC, 2005. 228pp
4. Guy Robin. **Extrusión de los Alimentos.** Editorial Acribia, 2002. 456 pp
5. Kume, Hitoshi. **Herramientas para el mejoramiento de la calidad.** México: Editorial Norma, 2004. 389 pp.
6. Walpole, Ronald E. **Probabilidad y estadística para ingenieros.** México: Editorial Prentice Hall, 1999. 739pp.