



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

**INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN
DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE
DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**

Mónica Beatriz Zamora González

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN
DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE
DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MÓNICA BEATRIZ ZAMORA GONZÁLEZ
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

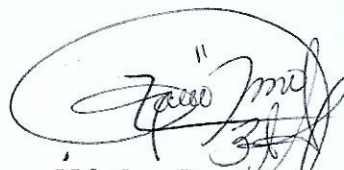
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Milbian Kattina Mendoza Méndez
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Coti
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN
DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE
DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 25 de enero de 2017

A handwritten signature in black ink, enclosed in a hand-drawn oval. The signature is cursive and appears to read "Mónica Beatriz Zamora González".

Mónica Beatriz Zamora González

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



Guatemala, 12 de octubre de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Peralta.

Por este medio me dirijo a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante **MONICA BEATRIZ ZAMORA GONZÁLEZ**, con carné **2327 47288 0101**, titulado **"INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA"**

Después de leer y analizar los conceptos expuestos en este trabajo de graduación, y estando satisfecha en mi calidad de asesora, **LO DOY POR APROBADO**, para continuar con el trámite respectivo.

Sin otro particular, me suscribo

Atentamente,

M.Sc. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Colegiada 4319
ASESORA

Norma Ileana Sarmiento Zeceña
INGENIERA INDUSTRIAL
COLEGIADA No. 4319



REF.REV.EMI.145.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**, presentado por la estudiante universitaria **Mónica Beatriz Zamora González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Alex Suntecun Castellanos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ING. ALEX SUNTECUN CASTELLANOS
COLEGIADO No. 3,682

Guatemala, octubre de 2018.

/mgp



REF.DIR.EMI.033.019

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 **INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**, presentado por la estudiante universitaria **Mónica Beatriz Zamora González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2019.


/mgp



DTG. 102.2019

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: **INCIDENCIA DE LAS ETAPAS CLAVE DENTRO DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL GRANO DE TRIGO QUE AFECTAN EL CONTROL DE LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO (KPI'S) DE LA CALIDAD DE LA HARINA**, presentado por la estudiante universitaria: **Mónica Beatriz Zamora González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, febrero de 2019



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi guía en el proceso de formación personal y profesional, mi fiel compañía, y el mayor ejemplo de entrega y amor infinito
- Mis padres** Jorge Luis Zamora Samayoa y Flory Julissa González Ayala, por su sacrificio y esfuerzo al formarme con amor y disciplina, por sus cuidados y atenciones.
- Mi hermano** José Jorge Zamora González, por estar siempre a mi lado, apoyarme y enseñarme a luchar por mis seres queridos y compartir la experiencia de crecer profesionalmente.
- Mis tías** Silvia Zamora, Elsie Zamora y Miriam García, por su amor y apoyo incondicional, por siempre cuidarme y tratarme como a una hija.
- Mi familia** Por ser el pilar de mi vida y las personas que más amo.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por acogerme y ser la casa de estudios donde se me confirieron valiosas herramientas de conocimiento para mi formación profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser el origen del desarrollo de mis más especiales habilidades.

Mi asesora

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, por compartir con entusiasmo su experiencia y conocimientos en el presente trabajo de graduación.

Amigos

María Renee Castellanos Navarro y Alejandra Michelle Osorio Leal por ser parte vital en el logro de esta meta, por el excelente trabajo en equipo, lealtad y amistad incondicional.

Mi novio

Cesar Fernando Castillo, por siempre acompañarme y apoyarme con entusiasmo y optimismo, por su paciencia, atención, diligencia y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. INDUSTRIA HARINERA.....	1
1.1. Historia	1
1.2. Descripción del producto	2
1.2.1. Granos de trigo	2
1.2.1.1. Tipos de granos	3
1.2.1.1.1. Características.....	3
1.2.1.1.2. Propiedades	4
1.2.1.1.3. Aplicaciones	5
1.2.2. Harina de trigo	6
1.2.2.1. Tipos de harina	6
1.2.2.1.1. Características.....	6
1.2.2.1.2. Propiedades	6
1.2.2.1.3. Aplicaciones	7
1.2.3. Subproducto y sus usos	7
1.2.3.1. Afrecho	8
1.2.3.2. Granillo	8
1.2.3.3. Harinilla.....	8
1.3. Proceso de producción	9

1.3.1.	Operaciones previas a la molienda	9
1.3.1.1.	Recepción	9
1.3.1.2.	Almacenamiento.....	10
1.3.1.3.	Limpieza	11
1.3.1.4.	Acondicionamiento	12
1.3.2.	Proceso de molienda.....	13
1.3.2.1.	Trituración	13
1.3.2.2.	Cibrado.....	13
1.3.2.3.	Purificación.....	13
1.3.2.4.	Reducción	14
1.3.3.	Dosificación de ingredientes.....	14
1.3.3.1.	Blanqueamiento.....	14
1.3.3.2.	Maduración.....	15
1.3.3.3.	Aditivos.....	15
1.3.4.	Empaque	15
1.3.4.1.	Pesado y tarado	15
1.3.4.2.	Presentaciones.....	16
1.3.5.	Almacenamiento.....	17
1.3.5.1.	Especificaciones.....	18
1.3.6.	Diagrama de flujo	18
1.4.	Panificación.....	21
1.4.1.	Componentes básicos del pan	21
1.4.1.1.	Harina.....	22
1.4.1.2.	Agua	22
1.4.1.3.	Levadura	22
1.4.1.4.	Sal	22
1.4.2.	Componentes enriquecedores	23
1.4.2.1.	Azúcar	23
1.4.2.2.	Grasa.....	23

	1.4.2.3.	Leche	23	
1.4.3.		Panadero	23	
1.4.4.		Equipo	24	
1.4.5.		Proceso de panificación.....	24	
	1.4.5.1.	Pesado de ingredientes	25	
	1.4.5.2.	Amasado.....	25	
	1.4.5.3.	Fermentación.....	26	
	1.4.5.4.	Boleado y reposo	26	
	1.4.5.5.	Moldeo	26	
	1.4.5.6.	Horneado.....	27	
1.4.6.		Defectos del pan.....	27	
	1.4.6.1.	Falta de volumen	29	
	1.4.6.2.	Exceso de volumen.....	29	
	1.4.6.3.	Grietas en la corteza.....	29	
1.4.7.		Diagrama de flujo.....	30	
2.		PARÁMETROS DE MEDICIÓN Y RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LA HARINA	33	
2.1.		Indicadores clave de desempeño (KPI´s)	33	
	2.1.1.	Definición.....	33	
	2.1.2.	Importancia.....	33	
	2.1.3.	Características.....	34	
	2.1.4.	Clases de indicadores	34	
2.2.		KPI´s de calidad.....	35	
	2.2.1.	Granos de trigo	35	
		2.2.1.1.	Peso hectolítrico	36
		2.2.1.2.	Peso de mil granos	36
		2.2.1.3.	Contenido de humedad.....	36
	2.2.2.	Harina	37	

	2.2.2.1.	Humedad.....	37
	2.2.2.2.	Absorción	38
	2.2.2.3.	Contenido de cenizas	39
	2.2.2.4.	Gluten.....	39
	2.2.2.5.	Almidón dañado.....	40
2.3.		Análisis del laboratorio de control de calidad	40
	2.3.1.	Resultados	41
	2.3.1.1.	Humedad.....	41
	2.3.1.2.	Absorción	42
	2.3.1.3.	Contenido de cenizas	42
	2.3.1.4.	Gluten.....	43
	2.3.1.5.	Almidón dañado.....	43
	2.3.2.	Medición del desempeño.....	44
	2.3.2.1.	Método de comparación	44
	2.3.2.2.	Método de escala gráfica	45
3.		DETERMINACIÓN DE LAS ETAPAS CLAVE	49
	3.1.	Etapas clave de producción	49
	3.1.1.	Descripción de la incidencia	49
	3.1.1.1.	Pesado y mezcla de trigos	50
	3.1.1.2.	Humectación del trigo.....	52
	3.1.1.3.	Triturado	53
	3.1.1.4.	Maduración.....	55
	3.1.1.5.	Dosificación de ingredientes.....	56
	3.1.2.	Identificación	58
	3.1.2.1.	Diagrama de flujo	58
	3.2.	Otros factores incidentes.....	61
	3.2.1.	Materia prima	61
	3.2.2.	Personal	64

	3.2.2.1.	Operativo	64	
	3.2.2.2.	Laboratorio.....	65	
	3.2.3.	Maquinaria.....	68	
	3.2.4.	Equipo	72	
4.	CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO		77	
4.1.	Parámetros a medir en etapas clave		77	
4.1.1.	Pesado y mezcla de trigo.....		77	
	4.1.1.1.	Gluten	77	
4.1.2.	Humectación y almacenamiento.....		78	
	4.1.2.1.	Humedad	78	
4.1.3.	Molienda.....		79	
	4.1.3.1.	Almidón dañado.....	80	
4.1.4.	Maduración.....		81	
	4.1.4.1.	Contenido de cenizas	81	
4.1.5.	Dosificación de ingredientes.....		82	
	4.1.5.1.	Contenido de cenizas	82	
4.1.6.	Panificación		83	
	4.1.6.1.	Absorción.....	83	
4.2.	Herramientas básicas para control estadístico		84	
4.2.1.	Hojas de inspección.....		85	
	4.2.1.1.	Registro de datos y promedios	86	
4.2.2.	Gráficos de control.....		87	
	4.2.2.1.	Gráficos X.....	88	
		4.2.2.1.1.	Harina sin químico	89
		4.2.2.1.2.	Harina para empaque ...	96
	4.2.2.2.	Gráficos R.....	100	
		4.2.2.2.1.	Harina sin químico	100
		4.2.2.2.2.	Harina para empaque.	107

4.2.3.	Interpretación de gráficos	111
4.2.3.1.	Incidencia de la etapa.....	112
4.2.3.1.1.	Proceso bajo control....	112
4.2.3.1.2.	Proceso fuera de control	112
5.	MEJORA CONTINUA	119
5.1.	Involucramiento de empleados.....	119
5.1.1.	Capacitaciones para la correcta interpretación de los gráficos de control.....	119
5.2.	Control de recepción de materia prima	126
5.2.1.	Granos de trigo.....	126
5.3.	Análisis de control de calidad.....	130
5.3.1.	Pruebas de laboratorios externos.....	130
5.3.1.1.	Cotizaciones.....	131
5.3.1.2.	Frecuencia.....	132
5.4.	Control de maquinaria y equipo de laboratorio.....	133
5.4.1.	Calibración	133
5.4.2.	Mantenimiento preventivo	135
	CONCLUSIONES.....	143
	RECOMENDACIONES.....	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	APÉNDICES.....	151
	ANEXOS.....	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura de un grano de trigo	5
2.	Granos de trigo sucios	10
3.	Silos de almacenamiento de estructura metálica	11
4.	Tamices metálicos de limpieza.....	12
5.	Carrusel de empaque	16
6.	Presentaciones según el tipo de harina	17
7.	Sacos apilados para su almacenamiento.....	18
8.	Diagrama de flujo del proceso de producción de harina	19
9.	Harina preparada para su panificación.....	21
10.	Equipo y funciones del equipo destinados a la panificación.....	24
11.	Amasado empleando equipo.....	25
12.	Etapas de la fermentación.....	26
13.	Moldeado	27
14.	Defectos del pan	28
15.	Demostración de grietas en el pan francés	30
16.	Diagrama de flujo del proceso de panificación	31
17.	Daños y defectos en granos de trigo.....	35
18.	Gráfico de comparación de rendimientos de humedad	45
19.	Gráfico de comparación de rendimientos de absorción	46
20.	Gráfico de comparación de rendimientos de contenido de cenizas	46
21.	Gráfico de comparación de rendimientos de gluten	47
22.	Gráfico de comparación de rendimientos de almidón dañado	47
23.	Ciclo de trazabilidad interna	50
24.	Filtros dosificadores para la adición de agua	52

25.	Diagrama de flujo de producción de harina con etapas clave identificadas	59
26.	Diagrama de flujo de decisión para la recepción de materia prima	63
27.	Equipo del laboratorio de control de calidad	68
28.	Plataforma de pesaje	69
29.	Sistemas de humectación y silos de reposo	70
30.	Bancos de molienda	70
31.	Medidor dosificador volumétrico de productos granulados	71
32.	Silo de almacenamiento de harina	72
33.	Equipo análogo MOTOMCO 919	73
34.	Resultado gráfico de ensayo en Farinógrafo	74
35.	Equipo para la determinación de contenido de cenizas	75
36.	Glutomatic.....	75
37.	SDmatic	76
38.	Diagrama de relación gluten - pesado y mezcla de trigo	78
39.	Diagrama de relación molienda – almidón dañado	80
40.	Diagrama de relación maduración – contenido de cenizas	82
41.	Dosificación de ingredientes –contenido de cenizas	83
42.	Diagrama de relación panificación – absorción.....	84
43.	Hoja de inspección Molsa Guatemala.....	87
44.	Fórmulas y parámetros para la construcción de los gráficos de control	88
45.	Gráfico de promedios de humedad	91
46.	Gráfico de promedios de gluten	93
47.	Gráfico promedios de almidón dañado	95
48.	Gráfico de promedios de contenido de cenizas	97
49.	Gráfico de promedios de absorción	99
50.	Gráfico de rangos de humedad.....	102
51.	Gráfico de rangos de gluten.....	104

52.	Gráfico de rangos de almidón dañado	106
53.	Gráfico de rangos de contenido de cenizas	108
54.	Gráfico de rangos de absorción	110
55.	Pareto: causas atribuibles al incumplimiento del KPI de contenido de cenizas evaluadas en etapa de maduración	114
56.	Pareto: causas atribuibles al incumplimiento del KPI de contenido de cenizas evaluadas en etapa de dosificación de ingredientes	116
57.	Técnicas de capacitación para personal involucrado	120
58.	Interfaz de la plantilla ASQ	121
59.	Interfaz parte dos de la planilla ASQ	122
60.	Interfaz programa Minitab	123
61.	Ciclo de la capacitación por Introducción de grupos	124
62.	Diagrama de decisión para el proceso de control de KPI's.....	125
63.	Cotización INLASA.....	131
64.	Cotización DSG laboratorio.....	132
65.	Periodos para a frecuencia de calibración	133
66.	Etapas del método AMEF	136
67.	Pasos para el desarrollo de un AMEF	137
68.	Ejemplo de evaluación de gravedad de los efectos	139
69.	Ejemplo de asociación de causas a fallas y su ocurrencia.....	139
70.	Lista de chequeo de maquinaria	140
71.	Ejemplo de prioridad al RPN para la toma de decisiones	142

TABLAS

I.	Funciones del acondicionamiento y reposo de los granos de trigo	12
II.	Peso de 1000 granos para diferentes especies	36
III.	Contenido de humedad en los tipos de granos	37
IV.	Humedades.....	38
V.	Absorción	38
VI.	Contenido de cenizas	39
VII.	Contenido de gluten húmedo	40
VIII.	Almidón dañado	40
IX.	Datos de humedades de harina para pan pizza.....	41
X.	Datos de absorción de harina para pan pizza	42
XI.	Datos de contenido de cenizas de harina para pan pizza.....	42
XII.	Datos de gluten en harina para pan pizza.....	43
XIII.	Datos de almidón dañado para pan pizza.....	44
XIV.	Promedios de KPI´s de calidad de la harina vrs KPI.....	45
XV.	Formulación de granos de trigo para pan pizza	51
XVI.	Trazabilidad de la etapa de pesado y mezcla de trigos	51
XVII.	Trazabilidad de la etapa de humectación del trigo	53
XVIII.	Trazabilidad de la etapa de triturado.....	54
XIX.	Trazabilidad de la etapa de maduración	56
XX.	Ingredientes agregados para pan pizza	57
XXI.	Trazabilidad de la etapa de dosificación de ingredientes.....	58
XXII.	Datos tabulados y resultados KPI de humedad pan pizza	90
XXIII.	Resultados para KPI de gluten	92
XXIV.	Resultados para KPI de almidón dañado.....	94
XXV.	Datos tabulados y resultados KPI de contenido de cenizas	96
XXVI.	Resultados para KPI de absorción.....	98
XXVII.	Datos tabulados y resultados KPI de humedad pan pizza	101

XXVIII.	Resultados de rangos KPI de gluten	103
XXIX.	Resultados de rangos KPI de almidón dañado	105
XXX.	Datos tabulados y resultados KPI contenido de cenizas.....	107
XXXI.	Resultados de rangos KPI de absorción	109
XXXII.	Causas rastreadas en la etapa de maduración	113
XXXIII.	Causas rastreadas en la etapa de dosificación de ingredientes	115
XXXIV.	Manual para el control en la recepción de materia prima	127
XXXV.	Aditivos.....	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetro
°C	Grados Centígrados
KPI	Key Performance Indicator
Kg	Kilogramo
%	Porcentaje
PEPS	Primero en entrar primero en salir
\bar{X}	Promedio
$\bar{\bar{X}}$	Promedio de promedios
\bar{R}	Promedio de rango
R	Rango
RPN	Risk Priority Number

GLOSARIO

AACC	<i>American Association of Cereal Chemicals.</i>
Administración	Disciplina que se encarga de realizar una gestión de los recursos en base a criterios científicos y orientados a satisfacer un objetivo concreto.
Afrechillo	Es un subproducto del procesamiento industrial del trigo. Se presenta en polvo.
Alérgeno	Es un agente que, cuando ingresa a un organismo, lo deja en una situación vulnerable al desarrollo de los fenómenos vinculados a una alergia.
Almacenamiento	Depositar ciertos elementos en un determinado espacio.
Almidón	Alude a un carbohidrato que funciona como reserva de energía en la mayoría de los vegetales.
AMEF	Método de Análisis de Modo y Efecto de Fallos.
Amperométrico	Destinado a medir la intensidad de corriente eléctrica.

Análisis	Estudio profundo de un sujeto, objeto o situación con el fin de conocer sus fundamentos, sus bases y motivos de su surgimiento.
Aseguramiento	Preservar o resguardar de daño a las personas y las cosas, defenderlas e impedir que pasen a poder de otro.
ASQ	<i>American Society of Quality.</i>
Atribuible	Considerar a una persona o cosa como autor o causante de algo, generalmente basándose en conjeturas.
Atributos conformes	Que se corresponde, se ajusta o está de acuerdo con algo.
Aventadores	Cilindro ahuecado permite una separación en dos fracciones de productos de diferentes larguras.
Calidad	Capacidad que posee un objeto para satisfacer necesidades implícitas o explícitas de los demandantes.
Calidad total	Estrategia que tiene por misión la instalación de una conciencia de calidad en todos aquellos procesos vinculados a la fabricación de los productos o servicios y en lo que respecta a la organización.

Calificación	Lista o relación ordenada de cosas o personas con arreglo a un criterio determinado.
Carbohidratos	Los hidratos son aquellas sustancias que contienen agua (H ₂ O). El carbono, es un elemento químico. Los carbohidratos, son sustancias orgánicas compuestas por oxígeno, hidrógeno y carbono.
CENAME	Centro Nacional de Metrología.
CEP	Control Estadístico del Proceso.
Colesterol	Es uno de los lípidos o grasas más importantes que se encuentran en el cuerpo. Sirve, para la formación de las membranas de las células de órganos y para la síntesis de hormonas sexuales.
Comportamiento	Forma de proceder de las personas u organismos frente a los estímulos y en relación con el entorno.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Control	Regulación sobre un sistema.
Control de calidad	El seguimiento detallado de los procesos dentro de una empresa para mejorar la calidad del producto y/o servicio.

Control estadístico	Obtener un proceso controlado usando técnicas estadísticas para reducir la variación continuamente.
Crisoles	Recipiente hecho de grafito con cierto contenido de arcilla y que soporta altas temperaturas.
Desecador	Aparto que sirve para eliminar la humedad.
Desempeño	Grado de desenvoltura que una entidad cualquiera tiene con respecto a un fin esperado.
Endospermo	Rodea el embrión del grano y sirve como su almacén de nutrientes durante la germinación y primeras etapas de la vida.
Espiga	Es un tipo de inflorescencia en donde el tallo es alargado y las flores son sésiles.
Factores influyentes	Elementos que intervienen y afectan los resultados de algo.
Falla	Defecto material de una cosa, especialmente de una tela, que la hace menos resistente.
Físico-químicos	Subdisciplina de la química que estudia la materia empleando conceptos químicos y físicos.
Ganado bovino	Conjunto de vacas, toros y bueyes.

Germen	Es la parte reproductiva que germina para crecer en una planta; es el embrión de la semilla.
Glucosa	Azúcar que se encuentra en la miel, la fruta y la sangre de humanos y animales.
Granel	Término que se usa para nombrar las cargas que se efectúan en grandes cantidades, o los productos que se venden sin envasar ni empaquetar.
Grano del trigo	Es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios.
Harina precocida	Esta preparación consiste en cocinar el maíz y luego es molido para obtener el polvo de harina.
Incidencia	Influencia de determinada cosa en un asunto o efecto que causa en él.
Indicador	Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura.
Industria alimenticia	Conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios.

Infestación	Invasión de un organismo vivo por agentes parásitos externos o internos.
Instrumento	Describe el elemento que, al ser combinado con otras piezas, sirve en el ámbito de los oficios o las artes para determinados propósitos.
KPI	Indicador clave de rendimiento.
Leudante	Que se activa y actúa por levadura.
Materia prima	Son todos aquellos recursos naturales que el hombre utiliza en la elaboración de productos.
Materiales defectuosos	Carencia de alguna cualidad propia de la calidad de los materiales.
Mazorca	Espiga grande, formada por granos gruesos y apretados, en que se crían los frutos de algunas plantas, especialmente el maíz.
Medida cuantitativa	Aquella que genera datos numéricos o estadísticos para cuantificar opiniones, comportamientos o cualquier variable que se haya definido para ser objeto de estudio.
Método	Medio utilizado para llegar a un fin.

Método de escala	Evalúa el desempeño de los integrantes mediante factores de evaluación previamente definidos y graduados, los factores de evaluación son las cualidades que posee el integrante que se desea evaluar.
Muestreo de aceptación	Componente principal del control de calidad que es útil cuando el costo de la prueba es alto comparado con el costo de pasar un elemento defectuoso o cuando la prueba destruye la muestra.
Observación	Técnica de recogida de la información que consiste básicamente, en observar, acumular e interpretar las actuaciones, comportamientos y hechos de las personas u objetos, tal y como las realizan habitualmente.
Pre-molienda	Operaciones que facilitan la trituración de los granos de trigo, como lo es el acondicionamiento y humectación del trigo.
Parámetro	Dato que se considera como imprescindible y orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación.
Planta de producción	Se trata de aquellas instalaciones que disponen de todos los medios necesarios para desarrollar un proceso de transformación.

Ponderación	Es el peso o la relevancia que tiene algo.
Posibles causas	Se considera como el fundamento o el origen de algo.
Productos alimenticios	Artículo de consumo.
Proceso de transformación	Significa el resultado de un proceso de cambio de forma. Sucede cuando una cosa, hecho o idea es convertida en otra.
Proceso productivo	Es la secuencia de actividades requeridas para elaborar bienes que realiza el ser humano para satisfacer sus necesidades.
Producto terminado	Objeto destinado al consumidor final. Se trata de un producto, que no requiere de modificaciones o preparaciones para ser comercializado.
Rango de calificación	Serie de indicadores y una escala gradada para evaluar cada uno. La escala de calificación puede ser numérica, literal, gráfica y descriptiva.
Recurso humano	Capital humano, es decir, los funcionarios de una empresa.
Rendimiento	Producto o la utilidad que rinde o da una persona o cosa.

Salvadillo	Cascarilla fina del grano de trigo.
Salvado	Es la parte del grano de trigo que no se ha utilizado para hacer harina.
Seguimiento	Observación minuciosa de la evolución y desarrollo de un proceso.
Sésiles	Que no poseen algún medio de auto-locomoción y son normalmente inmóviles o sedentarios.
Sistema de calidad	Resultado de acciones conjuntas que una empresa u organización pone en marcha para la mejora de sus procesos.
Tamiz	Utensilio que se emplea para separar materiales de diferente grosor, como la harina del salvado.
Tara de la balanza	Peso del recipiente o vehículo donde se contiene o transporta una mercancía.
Técnico Profesional	Orientada a entregar a los estudiantes la capacidad y los conocimientos necesarios para desempeñarse en una especialidad de apoyo al nivel profesional, o bien desempeñarse por cuenta propia.
Tolva	Recipiente en forma de pirámide o cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para

hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha.

Trazabilidad

La trazabilidad está compuesta por procesos prefijados que se llevan a cabo para determinar los diversos pasos que recorre un producto, desde su nacimiento hasta su ubicación actual en la cadena de abasto.

RESUMEN

La industria harinera es la que se encarga de la transformación de los cereales y granos de trigo en harina para el consumo humano. Dicha transformación se lleva a cabo mediante el proceso de molienda, para extraer sus más importantes propiedades alimenticias. Molsa Guatemala es una de las empresas con mayor participación en la industria harinera. Actualmente cuenta con un molino semiautomatizado que además de producir harina para su panificación, elabora pre mezclas y harina integral.

La calidad de la harina producida en Molsa Guatemala es controlada mediante análisis fisicoquímicos y KPI's de calidad de la harina establecidos por el departamento de Control de Calidad como humedad, absorción, contenido de cenizas, gluten y almidón dañado. Sin embargo, el desempeño de estos KPI's se ve afectado por diversas causas, siendo objeto de estudio en este trabajo de graduación la incidencia de las etapas clave en el proceso de transformación de los granos de trigo.

Para lograr el cumplimiento de los KPI's de calidad de la harina se desarrolló un Control Estadístico del Proceso (CEP), para conocer el comportamiento de cada indicador de calidad de la harina. Los datos para construir el CEP fueron recopilados de los resultados de los análisis de laboratorio. Al observarse un proceso fuera de control, se está frente a un deficiente desempeño en el indicador y la causa atribuible deber ser identificada, para esto se desarrolló un ciclo de trazabilidad con el fin de estudiar la relación de cada etapa clave de producción con el desempeño de los

KPI's de la calidad óptima de la harina y con ello enfocar esfuerzos para realizar las correcciones requeridas.

OBJETIVOS

General

Determinar la incidencia de las etapas clave dentro del proceso productivo que afectan los indicadores de desempeño KPI's de la calidad de la harina.

Específicos

1. Detallar el proceso de transformación del grano de trigo en harina destinada a la panificación.
2. Analizar la situación actual de los KPI's de la calidad de la harina producida con base en los resultados de rendimiento que se presenten.
3. Evaluar el proceso productivo de harina para identificar las etapas que afectan a los KPI's de la calidad de la harina.
4. Evaluar la influencia de otros factores como materia prima, recurso humano y maquinaria que intervengan con la productividad y el buen desempeño de la calidad de la harina.
5. Establecer el seguimiento de los indicadores clave del desempeño de la calidad de la harina mediante un control estadístico.

6. Determinar y proponer acciones de mejora continua para las causas atribuibles al bajo rendimiento de los KPI's de la calidad de la harina.

INTRODUCCIÓN

Molinos de el Salvador (Molsa), es una industria harinera que nace un 21 de abril de 1959 al inicio del Boulevard del Ejército en la entrada a San Salvador, constituyéndose en la primera empresa molinera de dicho país, logrando extender sus actividades a los países de Guatemala y Honduras.

Molsa Guatemala, ofrece tres tipos de harina en específico, harinas duras, (para la elaboración de pan francés), harinas semiduras (ideales para panes dulces regionales, tortillas de harina) y harinas suaves (para pan dulce, variedad de tostados y champurradas). Los granos de trigo empleados como materia prima son de exportación e ingresan a granel. Adicionalmente comercializan el subproducto que resulta de la molienda, como el afrechillo y la harina integral.

En el primer capítulo se da a conocer la industria harinera, desde su historia y prácticas antiguas, para comenzar a describir la materia prima, los tipos de granos, tipos de harina y el subproducto que se obtiene, después del proceso de producción el cual se divide en preparativos y los de transformación. Finalmente se detallan los insumos y las actividades para llevar a cabo la panificación de la harina.

En el segundo capítulo, se desarrolla un diagnóstico de la situación actual de los KPI's, es decir, de los indicadores clave de desempeño de la calidad de la harina, específicamente iniciando con una definición de lo que son los KPI's, y se hace énfasis en los KPI's de la calidad, ellos son el tema de interés dentro de esta investigación, y con esto dar paso a la presentación de los indicadores

de calidad de la harina, manejados en la industria harinera Molsa Guatemala, para luego realizar comparaciones entre los establecidos y los resultados obtenidos de una única prueba realizada a una pequeña muestra, con el objetivo de determinar si existe o no variaciones.

En el tercer capítulo, ante la existencia de variaciones, se da inicio a la búsqueda, mediante trazabilidad, de las posibles causas específicamente dentro del proceso de producción, porque se define como el punto de partida para lograr la identificación de las fallas, sin obviar los factores relacionados incidentes, como maquinaria, personal operativo y de laboratorio.

En el cuarto capítulo, se procede a relacionar cada etapa con el KPI de calidad que afecta, se desarrolla un control estadístico del proceso para observar el desempeño de los distintos indicadores, si en alguno de éstos se encuentra un punto fuera de control, se busca la etapa relacionada, y con ellas se identifica cada causa atribuible al proceso.

Finalmente, en el quinto capítulo, se proponen métodos especiales para mejorar el control de las causas atribuibles identificadas, especialmente lo relacionado con la participación de los empleados, el cuidado en cuanto a la recepción de la materia prima, la certeza de las pruebas de laboratorio, el mantenimiento y cuidado de maquinaria en planta de producción y equipo de laboratorio de Control de Calidad.

1. INDUSTRIA HARINERA

1.1. Historia

“Las primeras apariciones de los granos de trigo fueron en las pirámides de Egipto, los cuales al ser descubiertos demostraban que tenían más de doce mil de años de permanecer allí. Se sabe que su existencia data desde los años Antes de Cristo.”¹

“La palabra trigo proviene del vocablo latino triticum, que significa quebrado, triturado o trillad, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo y de la cascarilla que lo recubre.”²

“Hasta el siglo XVII no se presentaron grandes avances en los métodos de cultivo y procesamiento del trigo. Sin embargo, la invención del molino de viento generó una nueva fuente de energía, pero por lo demás no variaron los métodos de trabajo utilizados.”³

A finales del siglo XVIII se presentaron algunos desarrollos mecánicos en el proceso de molienda con lo cual se aumentó la producción de harina, y un siglo después aparece el molino de vapor con rodillos o cilindros de hierro. El cultivo del trigo fue aumentando a la par con estos y otros desarrollos tecnológicos que permitieron mejorar el rendimiento de la planta y llegar a diversas regiones del planeta como Norteamérica y Oceanía.⁴

¹ IBERTI, Ceina. *El origen del trigo y su historia*. <http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml/>. Consulta: 1 de diciembre de 2017.

² Diccionario Etimológico Español en Línea. <http://etimologias.dechile.net/?trigo>. Consulta: 15 de diciembre de 2017.

³ IBERTI, Ceina. *El origen del trigo y su historia*. <http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml/>. Consulta: 1 de diciembre de 2017.

⁴ Ibíd

Se dice que el trigo llegó al país en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas que arribaron con grandes cantidades de trigo. Debido a que los viajes del viejo mundo a América eran largos, las provisiones se consumían y terminaban antes de llegar a su destino. Al parecer, los viajeros no se preocupaban por guardar algunas semillas para que fueran sembradas en México. Por eso se dice que fue un poco tardía la llegada del trigo a países centroamericanos.⁵

“Se plantea la teoría de que el trigo entra a América cuando inmigrantes rusos lo trajeron a Kansas, Estados Unidos, y establece que las regiones semiáridas de América del Norte son de las mejores tierras trigueras del mundo. Fue entonces cuando comenzó a desarrollarse la red ferroviaria que había de solucionar el difícil problema del transporte de granos.”⁶

1.2. Descripción del producto

A continuación se describe detalladamente el producto empleado en la industria harinera.

1.2.1. Granos de trigo

Estos granos se obtienen de la planta de trigo y se encuentran contenidos dentro de la espiga de la planta, también mejor conocida como mazorca. Su principal aplicación es en la industria alimenticia para la elaboración de harina destinada a la panificación.

“El cereal más cultivado en el mundo es el maíz, con una producción total de más de 1 060 millones de toneladas en 2016.”⁷

⁵ *Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo*. <http://www.canimolt.org/trigo/el-trigo-en-mexico>. Consulta: 2 de noviembre de 2017.

⁶ IBERTI, Ceina. *El origen del trigo y su historia*. <http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml/>. Consulta: 1 de diciembre de 2017.

⁷ Infografías cropti. *Los 9 cereales y granos más cultivados en el mundo*. <http://blog.cropti.com/cereales-granos-produccion-mundo/>. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

“El siguiente en el ranking de los cereales más cultivados en el mundo es el trigo, con más de 749 millones de toneladas producidas en 2016.

El tercer cereal más cultivado en el mundo es el arroz, con una producción de más de 740 millones de toneladas en el año 2016.”⁸

1.2.1.1. Tipos de granos

De acuerdo al área y condiciones de cultivo existen dos tipos de trigo, el trigo duro y el trigo suave. Cada uno de estos tipos de granos tiene sus particularidades para las diversas aplicaciones que se le puedan dar.

1.2.1.1.1. Características

Para el trigo duro, el endospermo se presenta con mayor resistencia al aplastamiento y estirado durante la molienda, tiene la presencia de una mayor cantidad de proteínas, almidón y capacidad de absorción de líquidos.

Para el trigo suave, contrariamente al trigo duro, durante la molienda el endospermo se aplasta fácilmente, el contenido de almidón y proteínas es bajo, también su capacidad de absorción.

⁸ Infografías cropti. *Los 9 cereales y granos más cultivados en el mundo.* <http://blog.cropti.com/cereales-granos-produccion-mundo/>. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

1.2.1.1.2. Propiedades

Los granos de trigo conforman la materia prima para la producción de harina, esto resulta de mucha importancia conocer las propiedades de estos granos, porque intervienen en la fabricación de harina y pan de calidad.

- En cuanto a la humedad, se espera que sea alta durante la cosecha y se reduzca durante el proceso de maduración para facilitar el secado y la existencia de microorganismos que la contaminen.
- A mayor dureza del grano, mayor será su contenido proteico y su resistencia al triturado.
- El alto contenido de almidón representa una gran fuente de energía en la dieta del consumidor.
- La cantidad de gluten en los granos de trigo logran una harina más panificable.
- “Los hidratos de carbono son el nutriente mayoritario del trigo.”⁹
- Bajo contenido de grasa.
- “Aporta vitaminas del grupo B y vitamina E, contenida en el germen de trigo.”¹⁰

⁹ Farmacia BIO. *El trigo*. <https://www.farmacia.bio/trigo/>. Consulta: 12 de noviembre de 2017.

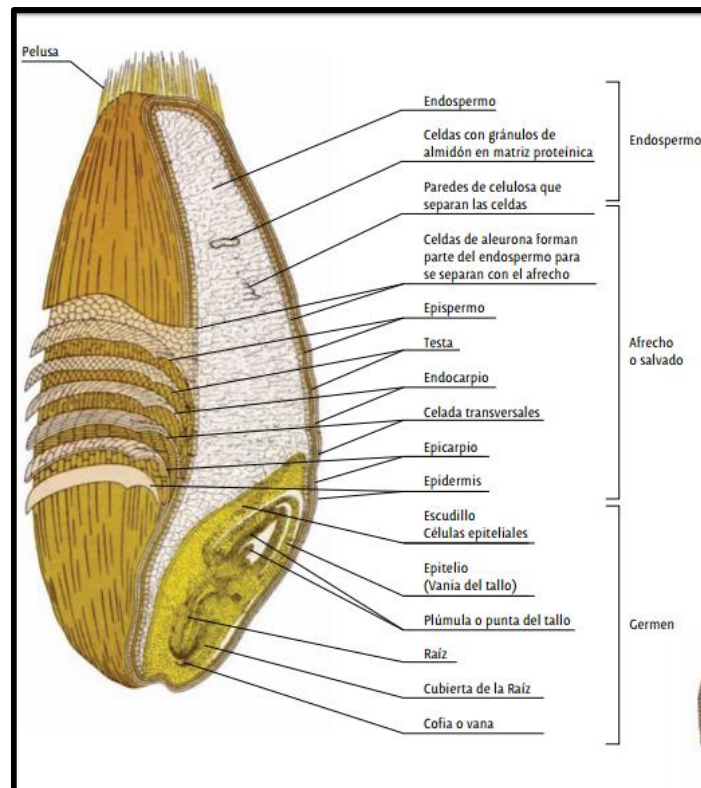
¹⁰ *Las propiedades del trigo*. <https://www.botanical-online.com/>. Consulta: 3 de diciembre de 2017.

1.2.1.1.3. Aplicaciones

Los granos provenientes de trigos duros se emplean para la producción de harinas duras. Y los trigos suaves serán empleados exclusivamente para la fabricación de harinas suaves. En la siguiente figura se señala cada una de las partes que conforman un grano de trigo.

En la siguiente figura se muestra la estructura de un grano de trigo y cada una de sus partes.

Figura 1. Estructura de un grano de trigo



Fuente: Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo en México, CANIMOLT. *Estructura de un grano de trigo*. p. 15.

1.2.2. Harina de trigo

Es el producto final, obtenido del grano de trigo después del proceso de molienda, al eliminar por completo el salvado (cascarilla) y el germen. Presenta un color blanco-amarillento y una textura polvorosa y fina.

1.2.2.1. Tipos de harina

Las harinas se clasifican teniendo en cuenta el tipo de trigo con las que fueron elaboradas, por lo que sus propiedades varían y afectan directamente en las aplicaciones que se les dé. Éstas harinas pueden ser de dos tipos, duras y suaves.

1.2.2.1.1. Características

Las harinas duras tienen textura un tanto arenosa pero lo suficientemente fina, lo que las hace fácil de cernir, también presentan un tono amarillo, esto debido al color natural de los granos de trigo duro.

A diferencia de las harinas duras, la textura de las harinas suaves es muy fina y aterciopelada, lo que provoca que se apelmace y sea difícil de cernir, en ocasiones puede llegar a saturar los orificios de las telas de los cernidores. Su color es blanco.

1.2.2.1.2. Propiedades

La harina de trigo aporta mediante sus diversas propiedades, múltiples beneficios a la dieta de los consumidores. Estas propiedades varían de acuerdo

a la preparación de la harina transformando también sus características nutricionales. Algunas de sus propiedades son:

- La harina es un alimento rico en carbohidratos
- Es un alimento sin colesterol
- Alimento bajo en purinas
- Alto contenido de calorías
- Posee una buena resistencia a ser estirada, lo que hace posible fabricar panes de diversas texturas.
- Larga duración
- Bajo contenido de nutrientes después de la molienda

1.2.2.1.3. Aplicaciones

La harina proveniente de trigos duros se emplea exclusivamente para la panificación, es decir toda clase de pan blanco, francés, pan de rodaja, pirujos, etc. Esto debido a la capacidad de absorción y resistencia al estirado.

Mientras tanto, la harina proveniente de trigos suaves se usa para la fabricación de galletas y bizcochos, en donde se requieren harinas más sueltas y finas.

1.2.3. Subproducto y sus usos

Durante el proceso de molienda, se separa el endospermo del salvado y el germen, para únicamente obtener harina, sin embargo, el resto de partículas de mayor tamaño también puede ser procesado para su consumo como alimento. A continuación se dan a conocer los subproductos obtenidos de la molienda y de la variedad de usos.

1.2.3.1. Afrecho

Es la cáscara que envuelve el grano de trigo, es decir, se trata del salvado del grano de trigo. El afrecho se ha considerado como un elemento indeseable tras la molienda del producto base, pero actualmente ha ido tomando mayor importancia debido a los beneficios para la salud del consumidor, debido al elevado aporte de fibras al organismo.

1.2.3.2. Granillo

“El granillo contiene todas las partículas de tamaño medio obtenidas de la molienda del trigo, principalmente por las partículas de la parte externa del grano, también se le conoce como salvadillo.”¹¹

Sus usos varían desde alimento para animales hasta su combinación con otros subproductos para la elaboración de harina integral.

1.2.3.3. Harinilla

En su mayor proporción, la composición de la harinilla es afrecho o salvado y granos quebrados de la limpieza del trigo. Es empleada como materia prima para la elaboración de alimento para ganado bovino, cerdos y aves, también como elemento en la formulación de comida para perros y gatos.

¹¹ GONZÁLEZ, Emilio. *Composición de los supproductos de trigo utilizados en la alimentación animal en Costa Rica*. p. 27.

1.3. Proceso de producción

A continuación se describen todas las actividades que se llevan a cabo para la transformación de los granos de trigo en harina destinada a la panificación.

1.3.1. Operaciones previas a la molienda

Existen varias etapas por las cuales debe pasar el grano de trigo antes de iniciar con su transformación durante el proceso productivo. A continuación se detallan estas operaciones previas.

1.3.1.1. Recepción

Es el primer paso para iniciar con el proceso de producción. En esta etapa el grano de trigo llega a las empresas procesadoras o a los molinos a granel. El transporte a granel se sitúa en la báscula instalada para su pesado. Se realiza un muestreo representativo de la cantidad de grano que se va a almacenar, la muestra se lleva al Laboratorio de Control de Calidad para determinar el porcentaje de humedad, de impurezas, y de granos dañados.

En la siguiente figura se muestra una pequeña cantidad de los granos sucios que ingresan al proceso para su limpieza.

Figura 2. **Granos de trigo sucios**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.3.1.2. Almacenamiento

Si los resultados del Laboratorio de Control de Calidad demuestran que se trata de un grano apto para la molienda, se procede a su descarga dentro de la tolva; esto conlleva a su almacenamiento en silos construidos de láminas galvanizadas o cemento, bajo condiciones de humedad y temperatura óptimas y controladas. A continuación, se muestra una fotografía de los silos de almacenamiento instalados en la planta de la industria harinera.

Figura 3. **Silos de almacenamiento de estructura metálica**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.3.1.3. Limpieza

Antes de realizar la molienda es necesario retirar todas las impurezas del grano, y consiste en someter al grano inicialmente ya sea a la acción de aire por presión o a través de tamices metálicos superpuestos colocados en bases que se mueven o agitan con movimientos de vaivén o rotatorios, en el primer tamiz quedan las impurezas como el grano de otros cereales de mayor tamaño que el trigo y de espigas, en el segundo tamiz se queda el grano dejando pasar las impurezas más pequeñas que el trigo, posterior a esta separación se somete el grano a unos separadores de aire en donde se elimina el polvo que ha podido quedar adherido al trigo. En la figura siguiente se presenta el proceso de limpieza primaria mediante tamices metálicos vibratorios.

Figura 4. **Tamices metálicos de limpieza**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.3.1.4. Acondicionamiento

Proceso que consiste en ajustar la humedad del grano de trigo mediante la adición de agua, para posteriormente dejarla en reposo y facilitar la trituración y como consiguiente el proceso de molienda, es decir, la separación de la cáscara y el salvado del endospermo. El acondicionamiento se da en el momento en que el agua es absorbida a través del endospermo.

Tabla I. **Funciones del acondicionamiento y reposo de los granos de trigo**

Acondicionamiento	Reposo
Se facilita la separación del salvado	Depende del tipo de trigo
Se consigue un cernido más fácil	De 2 a 36 horas para trigos duros
Ahorro de energía por grano más blando	De 8 a 9 horas para trigos suaves

Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Proceso de molienda

Después de que el grano de trigo ha pasado por las operaciones previas, se da inicio con el proceso de molienda, cuyo proceso está conformado por las etapas que a continuación se describirán.

1.3.2.1. Trituración

Cuando el grano de trigo ha sido limpiado y acondicionado, comienza la primera etapa de reducción brusca de tamaño, la cual lleva por nombre etapa de trituración. Se pasa por el primer conjunto de rodillos con ranuras para ser triturado. Esta operación se da en ciclos, y en cada uno de ellos se obtienen trozos grandes de grano que van al siguiente triturador y una diminuta cantidad de harina.

1.3.2.2. Cibrado

Consiste en separar el producto que entra al cernidor proveniente de los molinos de trituración. En esta etapa se separa de acuerdo al tamaño de las partículas, mediante movimientos y tamices, que son mallas o telas con aberturas finas, las cuales no permiten que las partículas de mayor tamaño a las aberturas de las mallas pasen a través de ellas.

1.3.2.3. Purificación

Es la eliminación del salvado por medio de sasores, estos tienen un movimiento vibratorio con flujos de aire controlados. En esta etapa se da la separación de la sémola, es decir, de la harina gruesa en endospermo puro,

mezcla de endospermo y salvado, y demás partículas, permitiendo la obtención de mayor cantidad de harina con características de buen color.

1.3.2.4. Reducción

La finalidad de la reducción es convertir las partículas de sémola que resultaron de la purificación, en harina fina, y eliminar cualquier pequeña partícula de salvado y germen que pudieran quedar. Estas operaciones se realizan mediante ciclos de molienda y cernido, hasta que se extraiga la totalidad de la harina.

1.3.3. Dosificación de ingredientes

En el proceso de obtención de harina destinada a la panificación es necesario adicionar ciertos ingredientes y aditivos como vitaminas, blanqueadores, fortificadores, etc. para incrementar la calidad del producto final con el objetivo de brindar harina apta en todas sus cualidades para la diversidad de usos por parte del consumidor. La dosificación de ingredientes se da básicamente en tres etapas durante el proceso de producción, las cuales se detallan a continuación.

1.3.3.1. Blanqueamiento

La harina sin químico que se obtiene directamente de la molienda tiene un tono amarillento, resultado de la trituración de las demás partículas consideradas como residuos, además de poseer una consistencia que dificulta su amasado debido a que se forman masas adherentes. El blanqueamiento puede darse de forma natural mediante oxidación, es decir, cuando la harina se

expone al aire, o bien, se le añaden químicos como el peróxido de benzoilo que acelera el proceso de blanqueamiento.

1.3.3.2. Maduración

La harina blanqueada se almacena en silos metálicos con el fin de llevarse a cabo su maduración. El proceso de maduración consiste en almacenar la harina para su blanqueamiento natural, mejorar la calidad y aptitud de la harina para su panificación. Otro de los objetivos de una correcta maduración es la prolongación de la vida útil de la harina.

1.3.3.3. Aditivos

Después de que la harina ya ha madurado, se le adiciona algunas sustancias nutritivas permitas como vitaminas y fortificadores. La adición de estos ingredientes se hace de forma dosificada con la finalidad de aportar mejora a las propiedades de la harina desde dos puntos de vista, el primero para agregar agentes para beneficio de la salud del consumidor, como lo es el hierro, y el segundo, para una optimizar la panificación y elaborar productos de mayor tamaño, fácil amasado, etc.

1.3.4. Empaque

Se divide en dos operaciones, las cuales se describen a continuación.

1.3.4.1. Pesado y tarado

Esta es una de las últimas etapas del proceso de fabricación de la harina. Después de llenar los sacos con harina en el carrusel de empaque, se procede

a pesar, de forma individual, un número seleccionado de bolsas de harina. Esta operación se realiza en una báscula calibrada. Se inicia tarando las bolsas, para luego obtener el peso bruto de la bolsa de harina y con ello conocer finalmente el peso en Kg de harina.

A continuación se muestra en la figura el carrusel de empaque, por lo que se pasan los sacos de boca abierta para ser sellados automáticamente

Figura 5. **Carrusel de empaque**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.3.4.2. Presentaciones

El empaque puede tener diferentes presentaciones dependiendo del tipo de harina que contengan así como el material del que está fabricado dicho empaque para conservar la calidad y propiedades de la harina en las mejores condiciones.

En la siguiente figura se muestran las presentaciones de los tres tipos de harina dura para fabricar pan francés.

Figura 6. **Presentaciones según el tipo de harina**



Fuente: productos Molsa, Guatemala.

1.3.5. Almacenamiento

Esta es una etapa importancia para mantener la buena condición y conservación de la harina terminada. Un correcto almacenamiento influye directamente en la humedad de la harina y como consecuencia con su duración.

A continuación se muestra una fotografía de los sacos apilados para luego ser almacenados.

Figura 7. **Sacos apilados para su almacenamiento**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa Guatemala.

1.3.5.1. Especificaciones

Las indicaciones para el almacenamiento de los sacos de harina son:

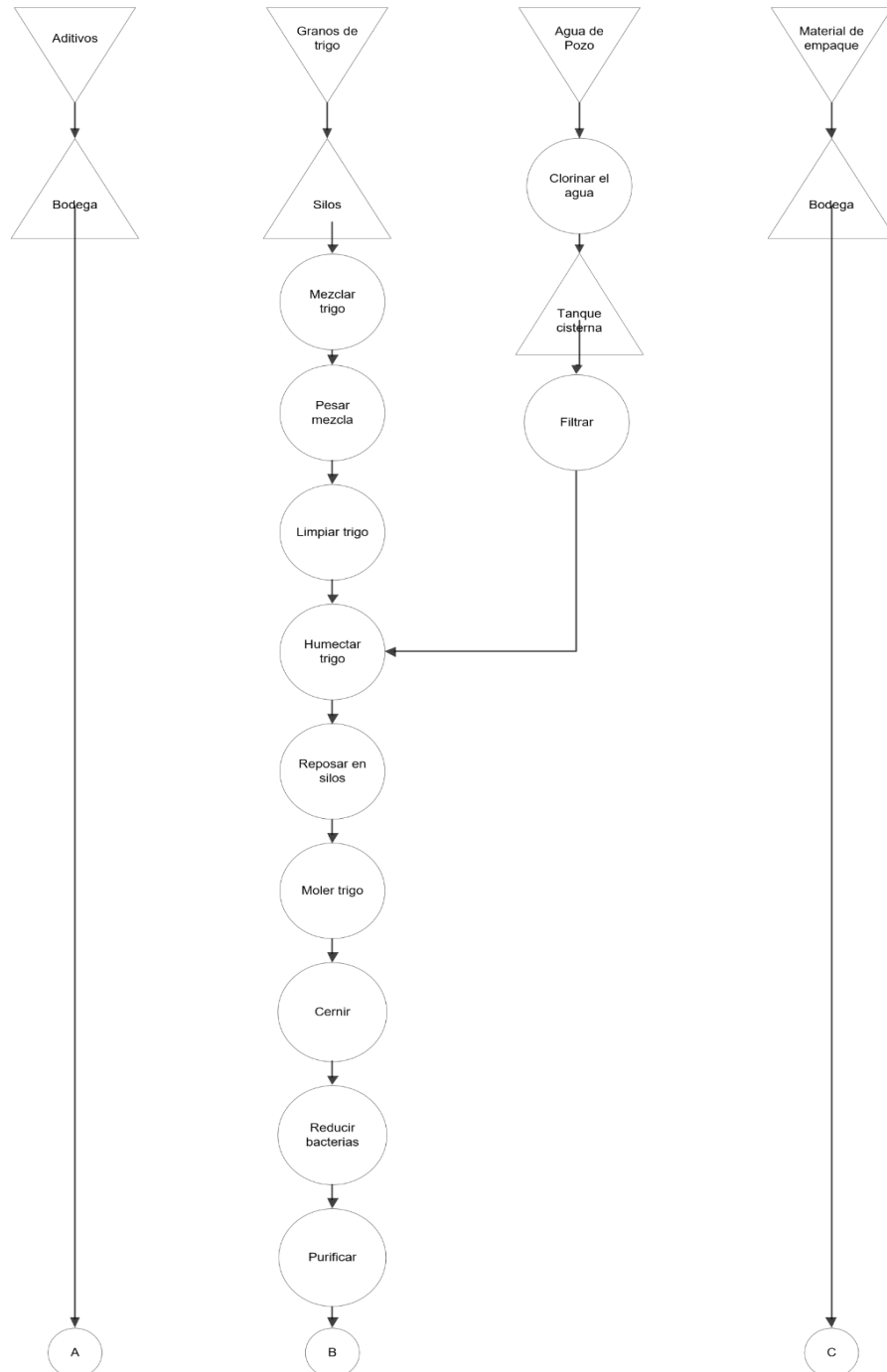
- El almacenamiento debe hacerse en lugares ventilados y frescos
- Los sacos deben colocarse sobre tarimas o estiba de madera a 15 cm de distancia del suelo y pared, para evitar que absorba la humedad.
- Los sacos deben ser intercalados para que exista circulación de aire
- Debido a que la harina posee una gran capacidad para absorber olores, debe almacenarse en un lugar lejos de sustancias con olores.

1.3.6. Diagrama de flujo

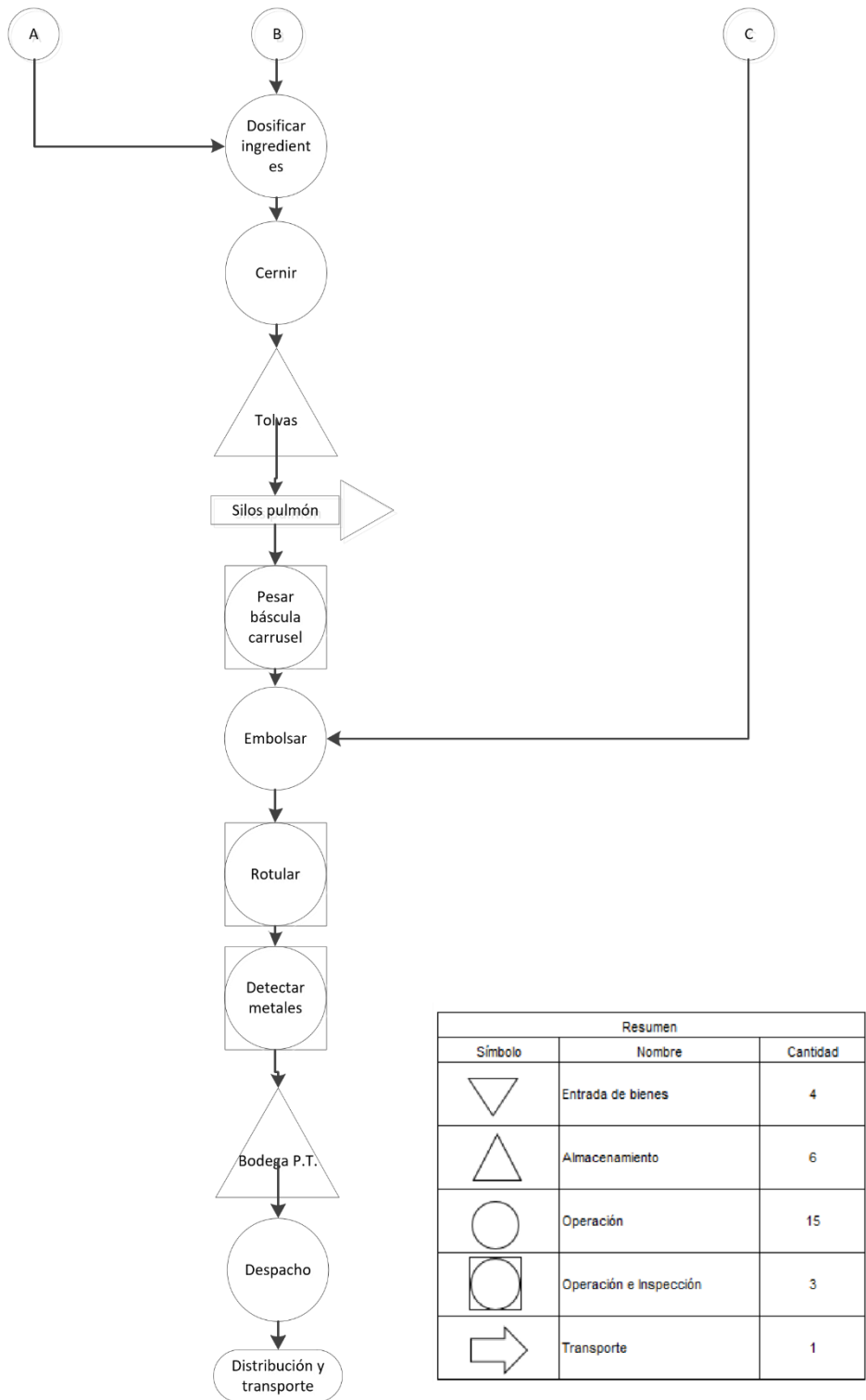
A continuación se presenta el diagrama del proceso completo de transformación del grano de trigo.

Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de producción de harina

Molsa, Guatemala			
Diagrama de flujo del proceso			
Proceso	Producción de harina de trigo	Fecha de elaboración:	09/2017
Área	Producción		
Elaborado por	Mónica Zamora		



Continuación de la figura 8



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

1.4. Panificación

Es el proceso de transformación de la harina de trigo en pan. Se lleva a cabo mediante la cocción de la masa madre.

Figura 9. Harina preparada para su panificación



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.4.1. Componentes básicos del pan

Son elementos que no pueden faltar en el proceso de panificación, es decir, son de vital importancia.

1.4.1.1. Harina

Conforma la materia prima para la elaboración de pan de cualquier tipo. Se debe dar mucha importancia al tipo de harina a emplear de acuerdo al pan que se desea elaborar, debido a que las propiedades funcionan distinto en cada tipo de harina.

1.4.1.2. Agua

Facilita la unión de todos los componentes de la masa. Es importante determinar la cantidad de agua para brindarle la consistencia que se desea al panificar, hay que agregarle poca agua, se tendrá una masa que no se desarrollará adecuadamente estando dentro del horno, y en el caso contrario, si se le agrega agua en exceso, la masa se aflojará y no soportará ser manipulada.

1.4.1.3. Levadura

La función básica de la levadura se encuentra en el crecimiento que le proporciona a la masa para panificar mediante la fermentación. A parte de brindarle mayor calidad y valor nutritivo al pan.

1.4.1.4. Sal

Una de las principales características de la sal empleada para panificar, es que debe ser refinada, para evitar que la miga tome una tonalidad oscura. También, constituye uno de los ingredientes básicos para el funcionamiento adecuado de la levadura.

1.4.2. Componentes enriquecedores

Estos son ingredientes que no resultan ser indispensables en la elaboración del pan, sin embargo, aportan calidad al producto terminado básicamente en cuanto a sabor. Dichos componentes enriquecedores son:

1.4.2.1. Azúcar

Su uso e importancia radica en la proporción de sabor y dulzura a los panes fabricados. Se emplean diferentes endulzantes como lactosa, glucosa, miel, etc.

1.4.2.2. Grasa

La grasa se emplea para darle sabor a la mezcla de la harina, y evitar que se pegue a los moldes. La grasa empleada es de grado alimenticio vegetal.

1.4.2.3. Leche

Básicamente su función es la aportación de sabor, pudiendo ser en sus diferentes presentaciones, es decir, leche líquida, leche en polvo, entera, etc.

1.4.3. Panadero

Es la persona que aplica los conocimientos técnicos sobre panificación. Debe ser una persona con habilidad y destreza, que conozca las propiedades y comportamientos de la masa, de esto dependerá mucho la determinación final de la calidad de la harina producida. En ocasiones, es la persona responsable

de la determinación de la absorción de la harina, y de la cantidad de ingredientes que se añaden para una exitosa panificación.

1.4.4. Equipo

Actualmente, el proceso de panificación se ha automatizado en algunas de sus actividades, especialmente la de mezcla y amasado.

Figura 10. **Equipo y funciones del equipo destinados a la panificación**

<p>AMASADORA: Este equipo se utiliza para incorporar todos los componentes necesarios para formar una masa y físicamente desarrollar la proteína formadora del gluten. Tipos de amasadoras: horizontal, continua, en espiral y de alta velocidad</p>	<p>REBANADORA DE PAN: Esta máquina corta rebana el pan, creando piezas individuales de acuerdo al gusto del consumidor</p>
<p>CUARTO DE FERMENTACIÓN: Es un área con ambiente controlado, en donde se fermentan las masas. Se controla temperatura y la humedad, ofreciendo las condiciones óptimas de fermentación. La temperatura varía entre 24-29 °C con una humedad del 75-80%</p>	<p>LAMINADORA: Tiene como fin eliminar el gas y reducir el tamaño de las células de gas mayores que están dentro de la masa. Está compuesta por dos juegos de rodillos. Los rodillos crean el diámetro y espesor deseado, anterior al moldeado. Generalmente los rodillo están hechos de teflón</p>
<p>BOLEADORA: La operación que realiza esta máquina es la de redondear los pedazos de masa divida creando un forma consistente.</p>	<p>CORTADORA: Este equipo corta la masa en trozos más pequeños con un peso determinado. En este momento la masa libera gas de la levadura. HORNO: Es una cámara calentada donde se hornea el producto por convección, radiación y conducción.</p>

Fuente: proceso de molienda. UNAD.

1.4.5. Proceso de panificación

El sistema de panificación o fabricación de pan que se describirá a continuación es el convencional.

1.4.5.1. Pesado de ingredientes

Esta actividad es de suma importancia, ya que el 90 % de los problemas de panificación se da por errores y malos cálculos de pesado de ingredientes. Para este procedimiento se emplea la balanza; posteriormente se procede a verter el ingrediente en el recipiente sobre la balanza hasta que se logre el peso requerido. Para el resto de los elementos, únicamente se debe colocar la tara de la balanza en cero y pesar el siguiente ingrediente.

1.4.5.2. Amasado

El objetivo del amasado es combinar todos los ingredientes hasta obtener una masa uniforme, elástica y consistente, para desarrollar el tamaño del pan.

Figura 11. **Amasado empleando equipo**

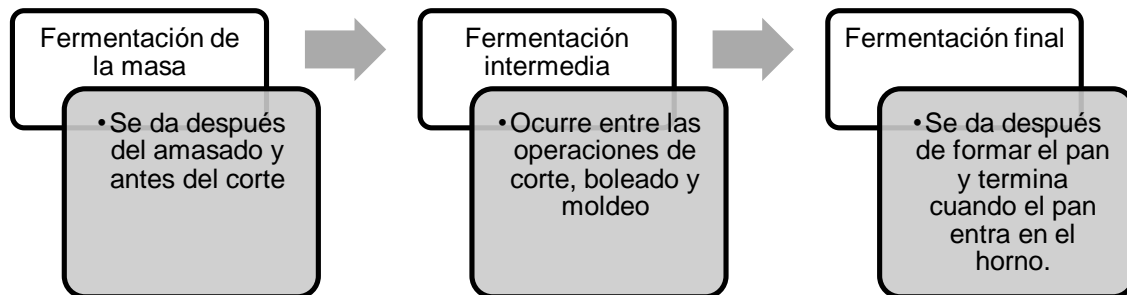


Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.4.5.3. Fermentación

Este proceso se activa mediante la adición de levadura e incremento de temperatura. La fermentación se da en más de una etapa durante la panificación, por tal razón, existen tres etapas de fermentación, la descripción se presentan en la siguiente figura.

Figura 12. **Etapas de la fermentación**



Fuente: elaboración propia.

1.4.5.4. Boleado y reposo

Consiste en darle forma redondeada a los trozos de masa cortados. Esta operación se realiza de forma manual con las palmas, presionando hacia abajo para crear bolas uniformes, para posteriormente dejarlas reposar en un molde y que crezcan.

1.4.5.5. Moldeo

El principal objetivo de esta actividad es extraer el gas que adquirieron las bolas de masa. Se realiza con ayuda de un rodillo o de una laminadora,

haciendo tiras de masa, enrollándolas sobre ellas y garantizar un buen sellado, para posteriormente darle la forma deseada que distinguirá el tipo de pan elaborado.

Figura 13. **Moldeado**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.4.5.6. Horneado

Es la etapa final de la panificación en donde se convierte la masa moldeada en un producto alimenticio, es decir, comestible y digerible para el consumidor. La finalidad es la cocción a altas temperaturas dentro de un horno especial. Se debe considerar el tiempo de horneado para darle un buen color a la corteza y en sí, una textura de calidad en el pan.

1.4.6. Defectos del pan

A continuación, se muestra un recuadro en donde se describen los defectos más comunes del pan como consecuencia de una mala práctica durante el proceso de panificación de la harina de trigo.

Figura 14. Defectos del pan

<p>MAL MOLDEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mala colocación del pan en el horno • Falta de vapor en el horno • Falta de cuidado en el manejo de los productos cocidos <p>MADURACION EXCESIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horno frío o masa superior a 28 C • Panes muy juntos en el horno <p>FALTA DE VOLUMEN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bajo porcentaje de gluten en la harina • Masas frías y duras • Demasiada sal • Poco desarrollo en la fermentación • Horno demasiado caliente o con poco vapor • Manipulación excesiva <p>EXCESO DE VOLUMEN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demasiado desarrollo en la fermentación • Insuficiente sal • Horno frío • Masa blanda con mucha levadura <p>FALTA DE GLUTEN EN LA HARINA</p> <p>CORTEZA DEMASIADO OSCURA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harinas procedentes de trigos germinados • Poca fermentación • Exceso de azúcar <p>AMPOLLAS EN LA CORTEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa muy fría • Poca fermentación • Excesivo amasado • Demasiada humedad en la cámara de fermentación • Masas demasiado duras • Calor demasiado alto en el horno <p>FALTA DE FERMENTACION</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa muy fría o enfriada en la fermentación • Poca levadura • Demasiada sal • Harina muy fuerte 	<p>FALTA DE COLOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harina de mala calidad • Harinas deficientes en azúcares naturales • Poca maduración de la masa <p>FALTA DE BRILLO EN LA MIGA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harina de mala calidad • Largo tiempo de fermentación <p>DEFECTOS DE GRANULIDAD Y ESTABILIDAD DE LA MIGA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harina flojas y mal equilibradas • Poco desarrollo mecánico • Fermentación excesiva <p>GRIETAS EN LA CORTEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fermentación excesiva • Horno muy caliente • Demasiado aditivo <p>CUANDO LA CORTEZA SE DESCASCARILLA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa demasiado fría • Masa demasiado dura • Exceso de fermentación • Demasiado mejorador • Índice de maltosa muy bajo <p>FERMENTACION EXCESIVA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Masa muy caliente • Demasiada cantidad de levadura • Poca sal • Fermentación final excesiva • Mal empleo de los mejoradores <p>ENVEJECIMIENTO RAPIDO DEL PAN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de gluten • Prolongada cocción a baja temperatura • Exceso de volumen <p>GRUMOS EN LA MIGA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Restos de masas seca en la amasadora • Cocción insuficiente • Harinas tratadas • Harinas elaboradas con harinas germinadas • Apilamiento de los panes calientes
--	--

Fuente: proceso de molienda. UNAD.

1.4.6.1. Falta de volumen

Este defecto puede darse por varias razones, como el uso de masa muy pesada, exceso en el tiempo de reposo, ingredientes vitales inactivos, y principalmente al uso de poca levadura.

1.4.6.2. Exceso de volumen

Sucede todo lo contrario al caso anterior, de igual manera puede darse por motivos del uso excesivo de levadura, obtención de masas blandas debido a una exageración en el proceso de amasado, y principalmente a errores cometidos en el pesado de ingredientes.

1.4.6.3. Grietas en la corteza

Inicialmente se generan unas ampollas debido al poco tiempo de amasado, agua muy fría, poca levadura o levadura pesada. Al romperse estas ampollas se presentan las grietas, provocadas por el uso de una masa muy reciente, poca fermentación y el horno calentado a temperaturas demasiado altas.

Figura 15. **Demostración de grietas en el pan francés**

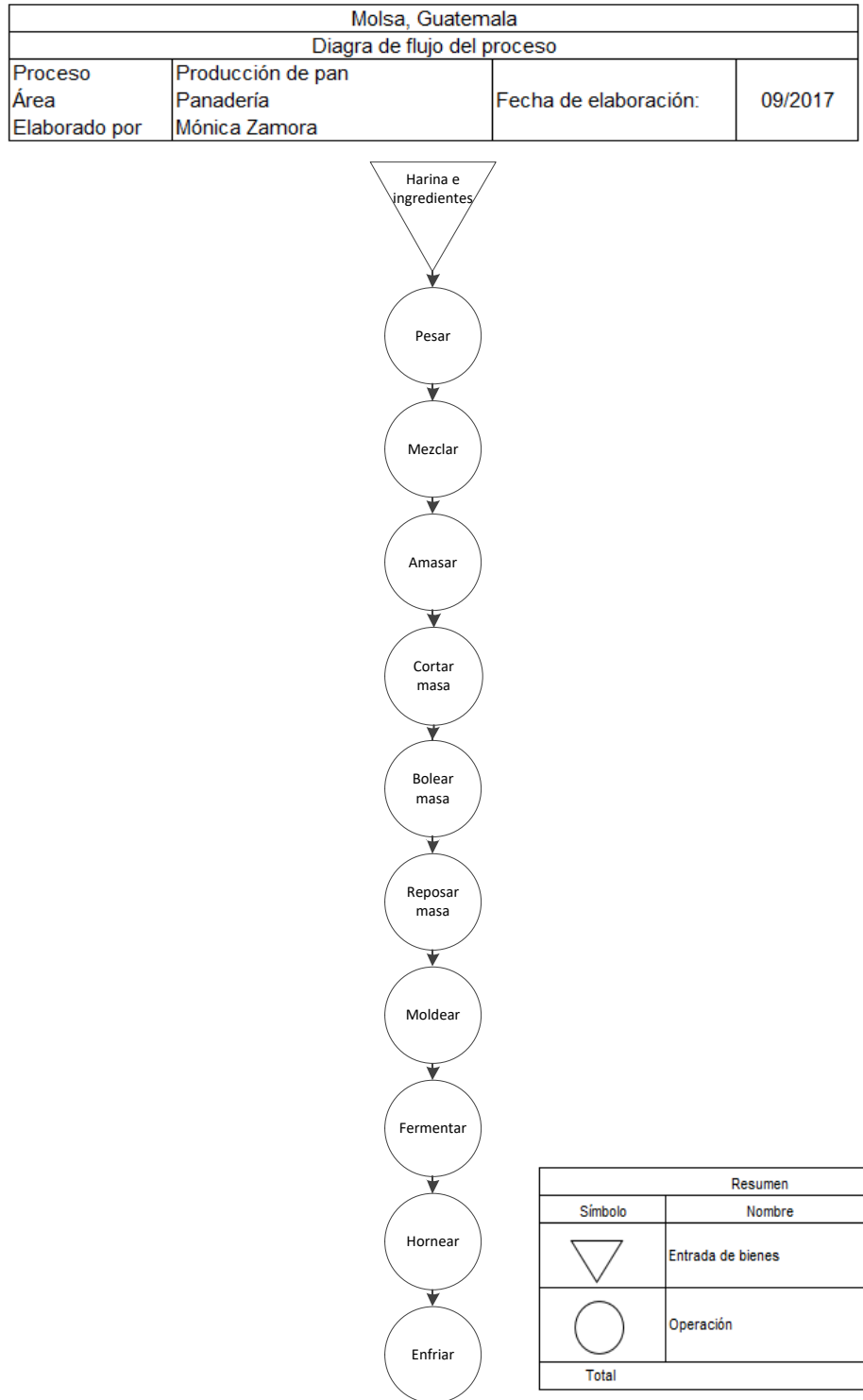


Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

1.4.7. Diagrama de flujo

A continuación, en la figura 16 se presenta el diagrama del proceso de panificación de la harina de trigo.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de panificación



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN Y RESULTADOS DE LOS INDICADORES DE CALIDAD DE LA HARINA

2.1. Indicadores clave de desempeño (KPI's)

Key Performance Indicators (KPI's) por sus siglas en inglés, o Indicador Básico de Desempeño (IBD) por sus siglas en español. En el siguiente párrafo se dará una descripción de lo que es un KPI, también su importancia y características.

2.1.1. Definición

“Se les conoce como una unidad de medida de rendimiento, es decir, permiten medir o cuantificar el desempeño de las funciones, acciones y tareas realizadas dentro de la institución con base en los objetivos que ésta persigue.”¹²

En otras palabras, permite medir el éxito de las acciones desarrolladas dentro de la entidad, mediante el cumplimiento de los KPI's establecidos.

2.1.2. Importancia

Cuando el objetivo de cualquier entidad es su crecimiento y posicionamiento, se necesita demostrar con datos válidos que la estrategia de trabajo que se desempeña está siendo exitosa. Por tal motivo, la identificación

¹² PENGUIN, William. Que es un KPI – *Significado de los Key Performance Indicators*. <https://www.yoseomarketing.com/blog/que-es-un-kpi-significado-kpis-indicadores/>. Consulta: 4 de diciembre de 2017.

de KPI's pone en manifiesto que tan bien están las áreas que más impactan a la empresa y reflejan e informan de lo lejos o cerca que están de cumplir sus objetivos.

2.1.3. Características

Para la identificación y determinación de un KPI se debe tomar en cuenta los objetivos de la empresa y se piden que sean SMART, por sus siglas en inglés:

- Específicos (Specific)
- Medibles (Measurable)
- Alcanzables (Achievable)
- Realistas (Realistic)
- Disponibles a tiempo (Timely)

2.1.4. Clases de indicadores

Estos indicadores se pueden establecer y poner en práctica para cualquier aspecto dentro de la organización que pueda medirse, estos son los tipos de KPI's más conocidos:

- Económicos
- Financieros
- Logísticos
- Recursos humanos
- Producción
- Aseguramiento de calidad
- Clientes

- Servicio

2.2. KPI's de calidad

Indicadores que miden cantidad de productos defectuosos, el nivel de calidad del producto, cantidad de fallas y problemas con equipos e instalaciones, contratiempos, entre otros.

2.2.1. Granos de trigo

La calidad de los granos de trigo se realiza por inspección visual y a nivel de Laboratorio de Control de Calidad. Durante la inspección visual se toma una muestra representativa del lote de granos, en donde se observan las características físicas del grano, si se encuentra sano, dañado, infestado, entre otras. A nivel de laboratorio, se realizan análisis de la humedad del grano.

Figura 17. Daños y defectos en granos de trigo



Fuente: RODRIGUEZ, Edgar. *Parámetros Industriales de la Calidad del trigo y la harina*. <https://edgardopedullarodriguez.wordpress.com/tag/peso-de-mil-granos/>. Consulta: 25 de febrero de 2018.

2.2.1.1. Peso hectolítrico

Para realizar esta prueba se requieren de 500 gramos de muestra. Generalmente un grano que se encuentra dañado, chupado y arrugado presentan bajo peso hectolítrico.

2.2.1.2. Peso de mil granos

Para realizar esta prueba se requiere un tamaño de muestra de 10 gramos. El mayor indicador se encuentra en el tamaño de los granos de la misma variedad, ya que el porcentaje de endospermo es normalmente mayor en los granos de mayor tamaño.

Tabla II. **Peso de 1000 granos para diferentes especies**

Especie	Peso de 1 000 granos
	g/1 000 granos
Soya	130 – 180
Arroz	20 – 25
Trigo	25 – 60
Maíz	250 – 400
Avena	21 – 25

Fuente: BORRAJO, Celina. *Importancia de la calidad de semillas*. Consulta: febrero 2018.

2.2.1.3. Contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad se realiza tomando una muestra del lote de granos, cuya muestra debe ser almacenada en un recipiente hermético inmediatamente, para no alterar sus propiedades. Esta

muestra es llevada al laboratorio de control de calidad, en donde mediante el MOTOMCO se mide la humedad en porcentaje, esta debe estar entre 12 % y 13 %. Una humedad fuera de los rangos establecidos, tendrá impacto en el proceso de transformación, disminuyendo el rendimiento de la molienda, por lo que se tendrá un grano duro difícil de triturar.

Tabla III. **Contenido de humedad en los tipos de granos**

Granos de trigo duro	Granos de trigo suave
Hasta 13 %	Hasta 13 %

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Harina

La calidad de la harina está determinada por los siguientes KPI's establecidos por el departamento de producción y control de calidad, con base en los objetivos que persiguen. Para el diagnóstico a realizarse dentro de este trabajo se evaluarán los KPI's de una harina en específico, la harina para pan pizza.

2.2.2.1. Humedad

El control de calidad de la harina se realiza mediante análisis de laboratorio de control de calidad. Se toman muestras de varias etapas en el transcurso de la producción con la finalidad de verificar la calidad de la harina sin químico, es decir, la que resulta después de la molienda, así como del producto terminado, antes de ser empacado. En la siguiente tabla se muestra el indicador que representa una humedad de calidad deseada para la harina de pan pizza.

Tabla IV. **Humedades**

Tipo de harina	Intervalo de porcentaje de humedad	KPI
Pan Pizza	12 % - 13 %	12 %

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2. Absorción

Para medir la absorción de la harina, se tienen dos métodos. El primero se realiza en el laboratorio de control de calidad utilizando el equipo denominado Infraneo, este mide la capacidad de absorción de la harina poniéndola en contacto con diferentes líquidos. El segundo método y el más representativo se da durante la panificación, ya que el panadero en ocasiones debe agregar cierta cantidad de agua según el tipo de harina y según se requiera, para lograr la consistencia óptima que se busca en la harina para preparar pizzas. Este parámetro se encuentra íntimamente relacionado con la humedad de la harina, ya que una harina idealmente húmeda no demandará la adición de agua.

Tabla V. **Absorción**

Tipo de harina	Porcentaje de absorción de agua	KPI
Pan pizza	58 % - 61 %	60 %

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.3. Contenido de cenizas

La prueba que se realiza para determinar este parámetro de calidad es la de cenizas en seco, esta consiste en quemar la muestra al aire y posteriormente en una mufla para eliminar todo el material orgánico. El resto de ceniza que resulta es el residuo inorgánico, cuyo resultado representa la presencia de ciertos minerales en la harina. El buen resultado y desempeño de este parámetro, indica un tiempo de maduración apropiado y una correcta dosificación de ingredientes.

Tabla VI. **Contenido de cenizas**

Tipo de harina	Porcentaje máximo de ceniza	KPI
Pan pizza	0,530 %	0,530 %

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.4. Gluten

El gluten es el responsable de la aportación de diversas cualidades de calidad de la harina, algunas de ellas, la elasticidad que tenga la masa, la fermentación, ayudando a que los productos de panadería crezcan, aumenta la fuerza de la masa para obtener productos horneados de óptima consistencia rígida. Además de ser un fuerte indicador de la cantidad de proteínas que posee la harina.

Tabla VII. **Contenido de gluten húmedo**

Tipo de harina	Porcentaje de gluten húmedo	KPI
Pan pizza	30 % - 33 %	32 %

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.5. Almidón dañado

Este indicador se ve afectado específicamente en el proceso de molienda, ya que en la trituration, el grano de trigo se lesiona y daña al almidón. Estas lesiones permiten la penetración de agua, esto aumenta la absorción, además de tener efectos significativos en el volumen y miga, al hornear la harina.

Tabla VIII. **Almidón dañado**

Tipo de harina	Unidades AACC	KPI
Pan pizza	8 – 6	7,50

Fuente: elaboración propia.

2.3. Análisis del laboratorio de control de calidad

El laboratorio de control de calidad es el encargado de realizar los análisis correspondientes, con el objetivo de conocer las propiedades finales del producto terminado, y descartar cualquier anomalía que se presente en la harina para empacar. Para ello cuentan con el equipo necesario que les permite realizar pruebas y de esa manera obtener resultados cuantificables capaces de ser medidos para su control.

2.3.1. Resultados

A continuación se presentan los resultados de una serie de análisis realizados en el mes de septiembre de 2017, a los indicadores clave de desempeño (KPI's) de la calidad de la harina destinada a la elaboración de pizza.

2.3.1.1. Humedad

Las muestras se tomaron de cuatro tarimas distintas de harina para pan pizza. Los resultados son obtenidos mediante un análisis realizado por el equipo Infraneo y están expresados en porcentaje.

Tabla IX. **Datos de humedades de harina para pan pizza**

Tarima	Porcentaje de Humedades Infraneo
10	10,70 %
20	11,10 %
25	11,40 %
30	11,30 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Absorción

Los datos de este indicador se recolectaron durante el proceso de panificación, en cuatro ocasiones, de las mismas tarimas de la tabla anterior. Los resultados están expresados en porcentaje.

Tabla X. **Datos de absorción de harina para pan pizza**

Tarima	Porcentaje de absorción
10	60,25 %
20	61,00 %
25	59,65 %
30	60,40 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.3. Contenido de cenizas

Los resultados del contenido de cenizas se obtuvieron al incinerar la muestra dentro de la mufla a una temperatura de 550 °C, hasta obtener una ceniza de color gris que servirá para conocer el contenido de minerales.

Tabla XI. **Datos de contenido de cenizas de harina para pan pizza**

Tarima	Porcentaje de ceniza
10	0,501 %
20	0,650 %
25	0,620 %
30	0,660 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.4. Gluten

La obtención de los datos de gluten contenido en las diferentes muestras, se obtuvieron mediante el sistema denominado Glutomatic. Este sistema mezcla la harina con una solución salina, realiza un lavado, luego una separación mediante centrifugación, para finalmente pesar el gluten sobrante y calcular la cantidad del mismo.

Tabla XII. **Datos de gluten en harina para pan pizza**

Tarima	Porcentaje de gluten
10	40 %
20	41 %
25	41 %
30	41 %

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.5. Almidón dañado

Los datos del almidón dañado fueron extraídos del equipo de laboratorio denominado SDmatic. Este equipo utiliza un método amperométrico y presenta los resultados en dimensiones de AACC. Estas unidades están adecuadas por la *American Association of Cereal Chemicals* por sus siglas en inglés, Asociación Americana de Químicos Cerealistas (AACC).

Tabla XIII. **Datos de almidón dañado para pan pizza**

Tarima	Unidades AACC
10	7,41
20	7,55
25	7,33
30	7,29

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Medición del desempeño

Para determinar si se está produciendo harina con un óptimo desempeño, es indispensable calcular este rendimiento y conocer si existen debilidades durante todo el proceso de producción, que finalmente den lugar a una harina de mala calidad o buena calidad.

2.3.2.1. Método de comparación

Con los datos anteriormente recolectados, se procede a realizar un promedio, con la finalidad de conocer el comportamiento global de los parámetros de calidad y proceder a la comparación con los indicadores de desempeño establecidos por el departamento de producción y control de calidad.

Tabla XIV. Promedios de KPI's de calidad de la harina vrs KPI

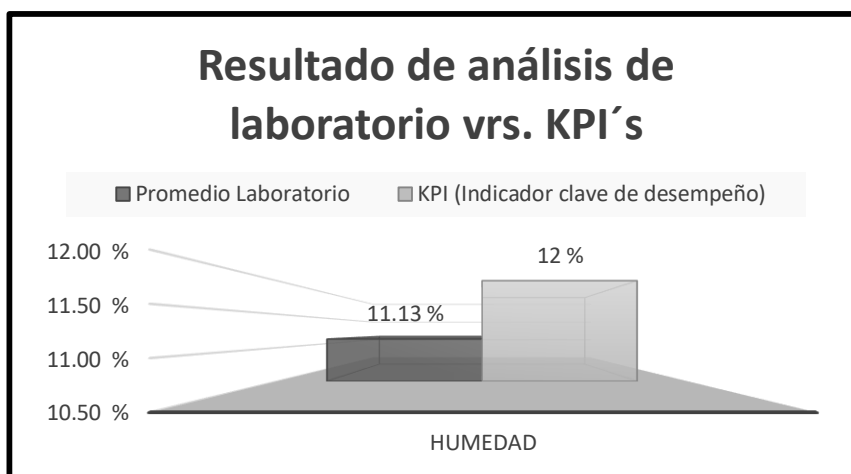
Parámetros de calidad	Promedios de laboratorio	KPI (Indicador clave de desempeño)
Humedad	11,13 %	12,00 %
Absorción	60,33 %	60,00 %
Contenido de cenizas	0,61 %	0,53 %
Gluten	40,75 %	32,00 %
Almidón dañado	7,40	7,50

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.2. Método de escala gráfica

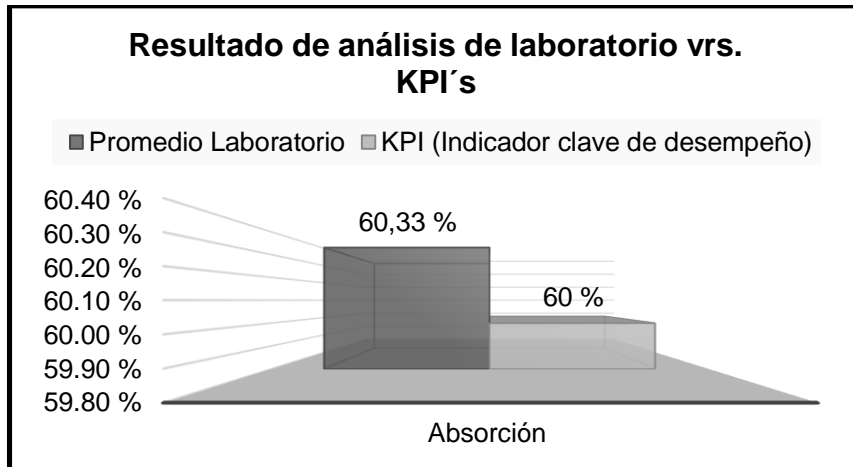
En cada una de las siguientes gráficas, se muestra la comparación de los resultados obtenidos contra los indicadores de desempeño establecidos.

Figura 18. Gráfico de comparación de rendimientos de humedad



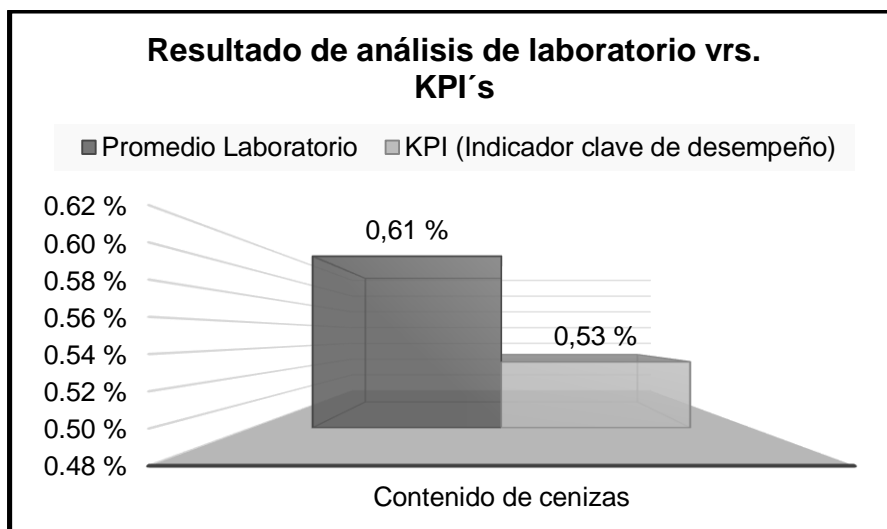
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Gráfico de comparación de rendimientos de absorción**



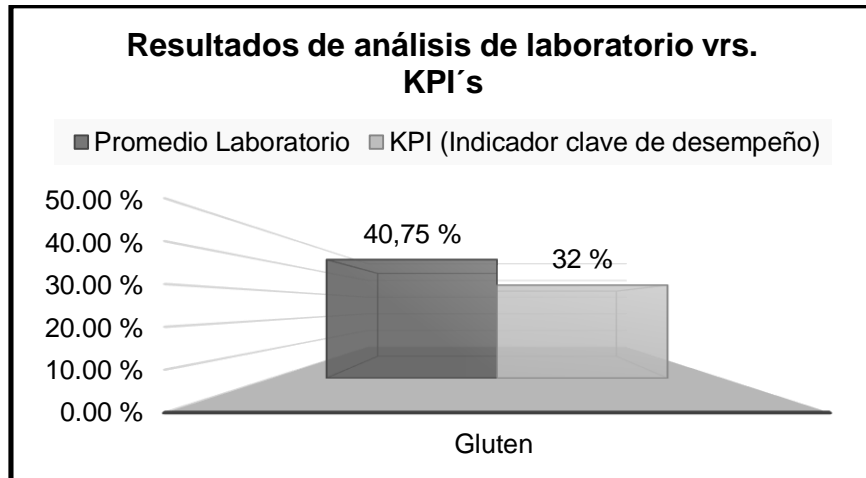
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfico de comparación de rendimientos de contenido de cenizas**



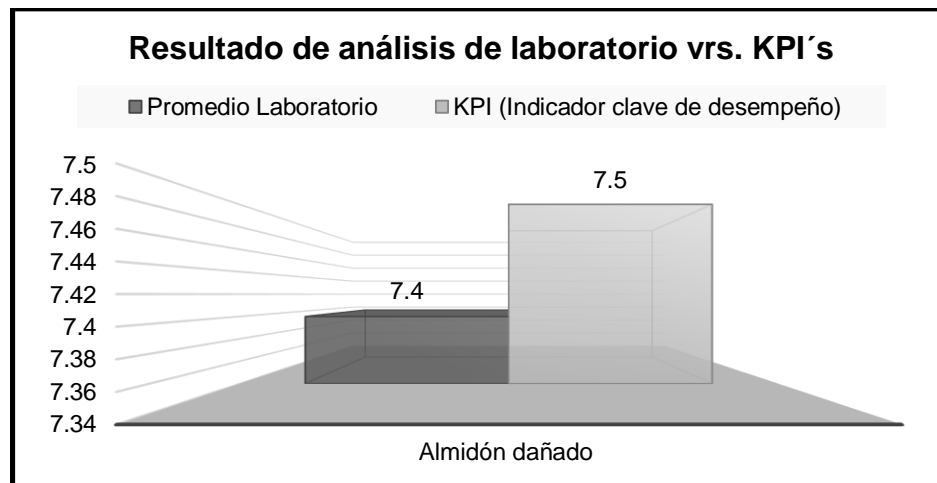
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Gráfico de comparación de rendimientos de gluten**



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Gráfico de comparación de rendimientos de almidón dañado**



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 18 a la 22, elaboradas con base en los datos de la tabla XIV, se puede observar que los promedios de los parámetros de calidad varían

respecto al KPI establecido, lo que significa que existen alteraciones que no han sido identificadas, las cuales provocan que la calidad del producto terminado no sea la deseada y no cumpla con el rendimiento y desempeño establecido. Es otras palabras, estos resultados demuestran que la industria harinera no cumple con su objetivo de producción de harinas de calidad.

3. DETERMINACIÓN DE LAS ETAPAS CLAVE

3.1. Etapas clave de producción

Con la finalidad de identificar la posible causa de un KPI deficiente, es necesario realizar un recorrido detallado del proceso productivo, desde la recepción de materia prima, pasando por el proceso de transformación, hasta la obtención del producto terminado, ya que puede atribuirse el deficiente desempeño a una etapa específica que mantenga una incidencia directa con el KPI de calidad afectado.

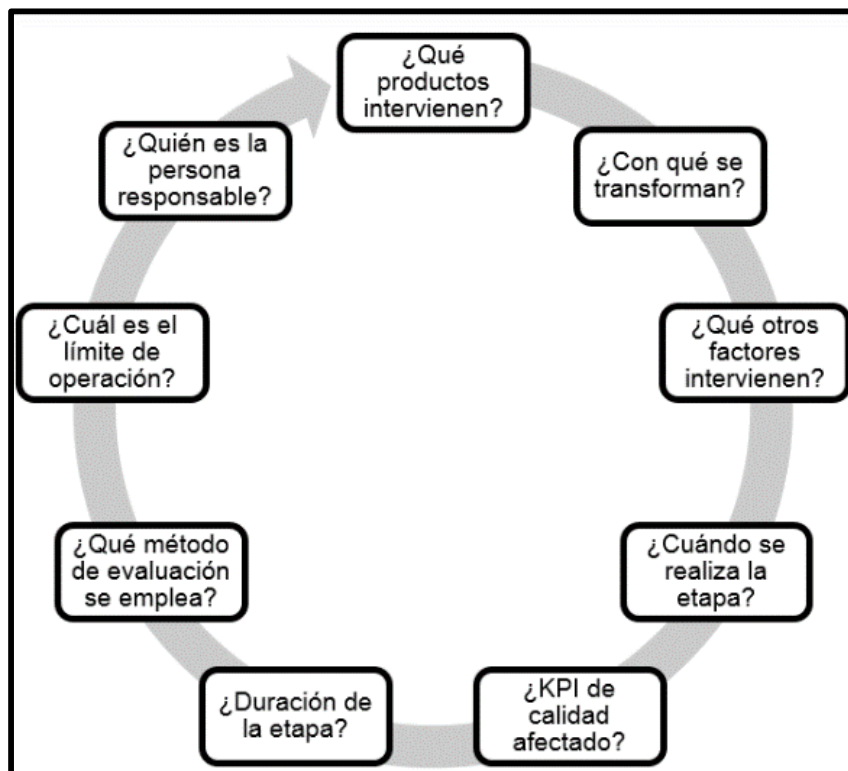
3.1.1. Descripción de la incidencia

Mediante un procedimiento de trazabilidad interna o de proceso, este consiste en un conjunto de actividades que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de todos los procesos internos de la industria, desde manipulaciones, composición, maquinaria utilizada, turno, duración, recursos, entre otros, es posible describir todos los indicios que hacen o pueden hacer variar el producto destinado al consumidor final.

El método empleado para llevar a cabo la descripción de la incidencia de ciertas etapas del proceso productivo es el Ciclo de Trazabilidad Interna. Dicha trazabilidad consiste en asociar un flujo de información convenientemente registrada respondiendo a las preguntas básicas ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cuándo? a un flujo físico de materiales de manera que sea posible relacionar en un

momento dado la información relativa a los lotes. Entre más preguntas se consideren habrá mayor control de la transmisión de información.

Figura 23. **Ciclo de trazabilidad interna**



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.1. **Pesado y mezcla de trigos**

El tipo de trigo ideal para una harina destinada a la preparación de pizza (Pan pizza), resulta de la mezcla dosificada de granos de trigos suaves, de los que se obtiene una harina blanca, y de los granos de trigo duro, que proporcionan una harina con mayor contenido de gluten, complementando así el requerimiento de proteínas contenidos en la harina. Por tal motivo, la etapa

de pesado y mezcla es la clave para un indicador que cumple los objetivos de calidad perseguidos.

Tabla XV. **Formulación de granos de trigo para pan pizza**

Tipo de trigo	Nombre	Porcentaje
HRW (Hard Red Winter)	Trigo duro	45 %
DNS	Trigo suave	55 %

Fuente: departamento de producción Molsa, Guatemala. *Formulación de granos de trigo.*

Tabla XVI. **Trazabilidad de la etapa de pesado y mezcla de trigos**

Etapa de pesado y mezcla de trigos	
¿Qué productos intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Granos de trigo suave • Granos de trigo duro
¿Con qué se transforma?	La mezcla se lleva a cabo con las tolvas de carga y descarga
¿Qué otros factores intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Báscula industrial para vehículos pesados • Camiones a granel • Silos de almacenamiento de trigo sucio • Calibrado de tolvas de carga y descarga • Tabla de formulación de granos de trigo
¿Cuándo se realiza la etapa?	En cada ingreso y recepción de materia prima
¿Duración de la etapa?	120 minutos
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Preparador de trigos • Laboratorio de control de calidad

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Humectación del trigo

La incidencia de esta etapa del proceso productivo sobre el indicador de calidad se encuentra definida por actividades como la adición medida de agua, el tiempo de reposo de la mezcla de granos de trigo, el tipo de almacenamiento empleado, en este caso silos herméticos con los cuales se tratará de evitar entradas de aire y humedad que puedan finalmente proporcionarle oxígeno a los granos y con esto incrementar la humedad. Actividades que representan procedimientos que se encuentran directamente relacionadas con el objetivo perseguido por parte del Departamento de Control de Calidad, siendo éste, obtener un KPI con desempeño óptimo y humedad controlada.

Figura 24. **Filtros dosificadores para la adición de agua**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

Tabla XVII. **Trazabilidad de la etapa de humectación del trigo**

Etapa de humectación del trigo	
¿Qué productos intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Agua / vapor de agua • Granos de trigo
¿Con qué se transforma?	Se ajusta el contenido y la distribución del agua en el grano mediante el tratamiento en remojo, por calentamiento o al vapor.
¿Qué otros factores intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Silos de remojo • Tiempo de reposo • Temperatura del agua • Temperatura externa • Estado y contenido de humedad iniciales del grano • Filtros dosificadores para la adición de agua
¿Cuándo se realiza la etapa?	Al finalizar la etapa de mezcla de trigos, se da inicio con dicha etapa.
¿Duración de la etapa?	3 a 5 días
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Preparador de trigos • Laboratorio Control de Calidad

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.3. Triturado

Esta etapa está compuesta de tres actividades, las cuales son:

- Trituración
- Reducción
- Compresión

Estas actividades conforman el proceso de molienda, esto consiste en separar la parte exterior del grano, es decir, el salvado, de la parte interna denominada endospermo para finalmente reducirlo a un tamaño requerido para obtener harina.

Son operaciones que se realizan en línea, ya que para obtener harina fina debe pasar por el proceso de molienda varias veces a manera de lograr una reducción gradual paso a paso, iniciando por la trituración para llevar a cabo las separaciones de las partes del grano de trigo y obtener de ella el endospermo; luego es transportado a los sasores en donde se clasifican diversidad de partículas para comenzar a extraer únicamente lo que en el proceso de reducción y compresión dará lugar a la obtención del cien por ciento de harina.

Para el proceso de molienda se hacen pasar los granos de trigo humectados en un par de rodillos con diferentes ranuras que proporcionan características específicas entre cada pasaje. Al triturar estos granos, son abiertos y rotos, lo que provoca cierto daño en sus componentes, básicamente el almidón, esto lo convierte en un objetivo a seguir y controlar su calidad.

Tabla XVIII. **Trazabilidad de la etapa de triturado**

Etapa de triturado	
¿Qué productos intervienen?	Granos de trigo acondicionados y humedecidos
¿Con qué se transforma?	Mediante molinos conformados por cilindros estrillados para romper el grano y separar la harina de la sémola y el salvado.
¿Qué otros factores intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad en los granos • Condiciones de la maquinaria • Periodos de trituración • Tiempo de reposo • Limpieza de los granos de partículas más grandes
¿Cuándo se realiza la etapa?	Inmediatamente después de la etapa de humectación del trigo
¿Duración de la etapa?	A los molinos de Molsa Guatemala, les toma un tiempo aproximado de 1 hora por 60 toneladas de granos de trigo.
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Molinero • Departamento de Producción • Control de Calidad

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.4. Maduración

Después del proceso de molienda, al obtener la harina recién molida, existen ciertas deficiencias en ella ya que no presenta las características adecuadas de panificación. Esta harina pura contiene pigmentos de color amarillo claro, además produce una masa adherente poco tolerable al amasado, que da como resultado piezas con poco volumen, una miga de baja calidad y textura poco fina. Es en la etapa de maduración en donde se logran resolver estos defectos mediante un periodo de reposo cuyo objetivo principal es lograr su envejecimiento.

El envejecimiento se caracteriza por ser una tarea muy sencilla y se basa en la decoloración de los pigmentos naturales de la harina que puede acelerarse mediante el empleo de agentes oxidantes, hasta que lentamente se observa una harina blanca y experimenta un proceso de maduración que mejora sus propiedades para la panificación.

En el laboratorio de control de calidad se mide el desempeño de estas condiciones mediante la incineración de la harina. Las cenizas que resultan revelan la cantidad de contaminación de salvado en la harina, lo que significa que, a mayor residuos de salvado mayor contenido de cenizas. En ciertos productos se requiere una harina particularmente blanca, es decir que exigen un contenido bajo en cenizas ya que un alto contenido de cenizas trae como consecuencia una miga de color oscuro, lo que resulta en un pan con mala presentación.

Tabla XIX. **Trazabilidad de la etapa de maduración**

Etapa de maduración	
¿Qué productos intervienen?	Harina con aditivos
¿Con qué se transforma?	Mediante el almacenamiento de la harina con aditivos en silos para su maduración (blanqueamiento requerido).
¿Qué otros factores intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de almacenamiento • Humedad de la harina procesada • Tiempo de almacenamiento • La cantidad de harina a madurar • Tipo de harina
¿Cuándo se realiza la etapa?	Inmediatamente después de realizar la adición de ingredientes a la harina sin químico.
¿Duración de la etapa?	1 semana en época calurosa y 2 semanas en época fría
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Molinero • Control de Calidad

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.5. Dosificación de ingredientes

Después de haber pasado por diversas etapas que transforman los granos de trigo en harina pura, ésta pierde ciertas propiedades y resulta ser muy común acelerar etapas y agregar ciertos aditivos químicos que le aportan características necesarias para una panificación de alta calidad. Algunos de los ingredientes adicionados a la harina destinada a la preparación de pan pizza son:

Tabla XX. **Ingredientes agregados para pan pizza**

Ingrediente	Función
Ácido ascórbico	Oxidante
Peróxido de Benzoilo	Blanqueamiento y amasado de la harina.
Vitaminas	Aporte nutricional
Enzimas	Rendimiento de volumen
Madurador	Acelerador para proceso de maduración.

Fuente: elaboración propia.

Este proceso se realiza mediante un sistema continuo de dosificación, compuesto por una tolva por cada ingrediente a adicionar. Inmediatamente después de haber añadido los aditivos a la harina pura se le conoce como harina fortificada, esta pasa al laboratorio de control de calidad en una pequeña muestra, para su respectivo análisis.

Esta es considerada una etapa clave ya que es la última antes de ser empaquetada, siendo a la vez la que reunirá las condiciones óptimas para un pan pizza de la mejor calidad, esto es posible determinar con base en la información que aporta las cenizas de la harina incinerada. Dicho indicador sirve para conocer el contenido de minerales y elementos inorgánicos en la harina fortificada, de los cuales son de interés nutricional, como el calcio y fósforo.

Tabla XXI. **Trazabilidad de la etapa de dosificación de ingredientes**

Etapa de dosificación de ingredientes	
¿Qué productos intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Harina sin químicos • Ingredientes en polvo
¿Con qué se transforma?	Con la tolva pulmón de carga o dosificador de Ingredientes
¿Qué otros factores intervienen?	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones del dosificador • Condiciones de los ingredientes el polvo • Formulación de aditivos elaborado por Control de Calidad • El tipo de harina a producir • Precisión de la dosificación
¿Cuándo se realiza la etapa?	Al extraer la totalidad de la harina después de los procesos de molienda.
¿Duración de la etapa?	Depende de la densidad del aditivo en polvo
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Molinero • Departamento de producción • Control de Calidad

Fuente: elaboración propia.

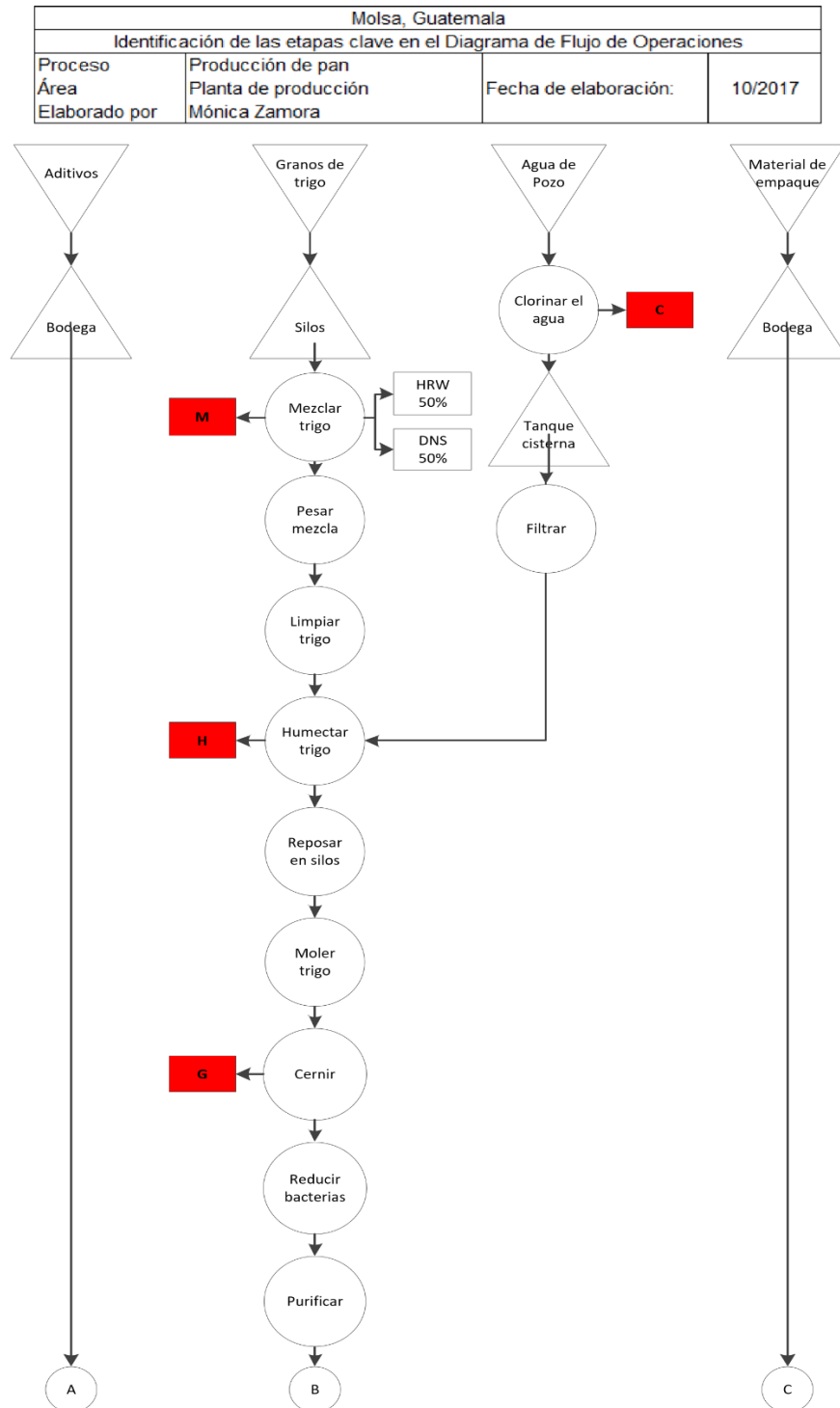
3.1.2. Identificación

Conociendo la importancia y el impacto de estas etapas clave dentro del proceso, se hace necesaria su fácil identificación y conocimiento por parte del Departamento de Producción y Control de Calidad, principalmente supervisores, operarios y molineros, quienes mantienen control directo sobre el proceso productivo. Un diagrama de flujo actualizado que refleje estas etapas representa una funcional herramienta, se deberá mantener en un sitio visible y al alcance de todos.

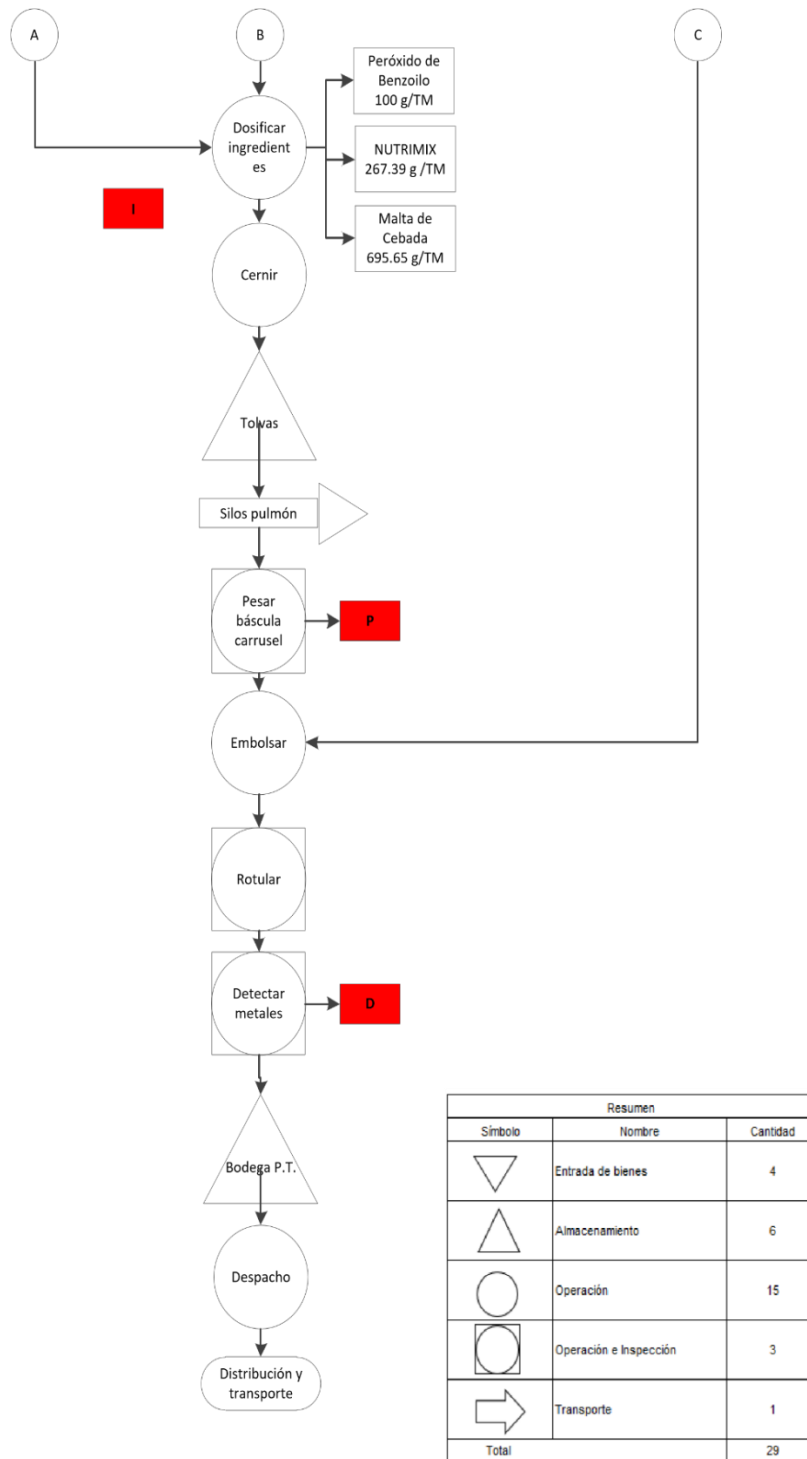
3.1.2.1. Diagrama de flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso de producción de harina con las etapas clave identificadas en el mismo.

Figura 25. Diagrama de flujo de producción de harina con etapas clave identificadas



Continuación de la figura 25



Fuente: elaboración propia, empelando Visio 2013.

3.2. Otros factores incidentes

Como normalmente se acostumbra, el personal encargado de darle seguimiento a la calidad de la harina, únicamente se concentra en los factores internos que la afectan y a aquellos que tienen la posibilidad de controlar, en especial se centran en los resultados del Laboratorio de Control de Calidad, mas sin embargo, actualmente, si se desea controlar la calidad es necesario controlar, en la medida de lo posible, la totalidad de las actividades que intervienen en la transformación de los granos de trigo en harina. Entre mayor control se tenga, más se acercará a la producción de una harina sin defectos, por ello, es importante considerar otros elementos, que en ocasiones se mantienen al margen y que pueden representar una considerable incidencia en la calidad del producto final.

3.2.1. Materia prima

El producto principal para la producción de harina son los granos de trigo, más sin embargo, también pueden considerarse como parte de la materia prima, los ingredientes que se añaden a la harina para complementar y mejorar sus propiedades. Es importante controlar estos aditivos ya que pueden contener alérgenos que no se encuentren declarados por el Laboratorio de Control de Calidad e ingresen a contaminar de tal manera que pongan en riesgo la calidad producto final. Adicionalmente, se incluye el control de ingreso del material de empaque, no es considerado como materia prima, pero al tratarse de un factor relacionado directamente con el producto final resulta de igual importancia.

El control se realiza por medio de la recepción de:

- Materia prima
- Aditivos
- Material de empaque

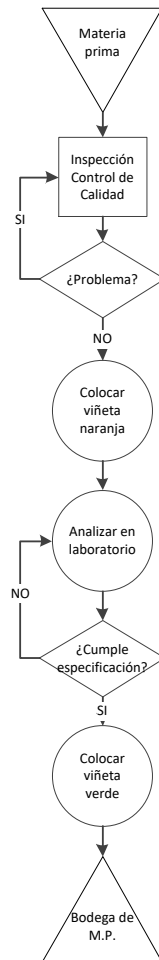
En la recepción de materia prima, para prevenir la contaminación por infestación de insectos, particularmente de gorgojos, además de mantener bajo observancia las propiedades requeridas por el Laboratorio de Control de Calidad de los granos, ya que se dice que la calidad del producto final se define en el cultivo y sus cuidados.

En la recepción de aditivos para verificar las condiciones, características y especificaciones de los nuevos lotes de aditivos que ingresan a la planta y prevenir la contaminación del alimento con alérgenos no declarados.

En la recepción de material de empaque para inspeccionar la limpieza y condiciones del transporte en donde viaja el material de empaque hasta llegar a las instalaciones de la planta, a la vez, comprobará que el material de empaque que ingresa cumpla con las especificaciones establecidas por control de calidad.

Figura 26. Diagrama de flujo de decisión para la recepción de materia prima

Molsa, Guatemala			
Diagrama de flujo de decisión			
Proceso	Recepción de materia prima	Fecha de elaboración:	10/2017
Área	Planta de producción		
Elaborado por	Mónica Zamora		



Resumen		
Símbolo	Nombre	Cantidad
▽	Entrada de bienes	1
△	Almacenamiento	1
○	Operación	3
□	Inspección	1
◇	Decisión	2
Total		8

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Personal

Es uno de los recursos vitales, junto con la materia prima, la maquinaria y el equipo que conforman una organización cualquiera que sea su naturaleza. Ejecutan las actividades que no pueden ser realizadas de forma automática, como las tareas que requieren de toma de decisiones, de aprobar la producción, de resolver un problema poco frecuente o cuando se requiere de destrezas y competencias propias del factor humano.

De esta manera, se recalca su importancia debido al nivel de responsabilidad que adquiere, ya que un pequeño error puede causar o no graves consecuencias. En la industria harinera de Molsa Guatemala, se pueden diferenciar dos formas de organización de personal, el operativo, destinado a actividades relacionadas directamente con la transformación de los granos de trigo, y el equipo del laboratorio de control de calidad.

3.2.2.1. Operativo

De forma general, se puede describir al personal operativo como el que tiene a su cargo todas las actividades relacionadas directamente con la transformación de los granos de trigo y todas las etapas que lo conforman, hasta dar como resultado el producto final: harina para la panificación. Dentro de este tipo de personal se pueden encontrar los siguientes:

- Molineros
- Panaderos

Los molineros, como su nombre lo indica, se ocupan del molino y de actividades que aportan valor a la calidad final del producto, como recaudar

muestras para los análisis fisicoquímicos desarrollados en la laboratorio, seguir los programas de producción verificando los parámetros de procesamiento y especificaciones de calidad en cadena de los productos, es decir, darle seguimiento a los KPI'S establecidos, al igual que las tareas de sanitización y limpieza, entre otras.

Dentro de las instalaciones de Molsa Guatemala, se tiene una pequeña panadería de tipo artesanal. Dicha panadería fue construida con el objetivo de verificar la calidad de la harina antes de ser despachada a los clientes, para lograr una reducción considerable de quejas. El panadero, debe cumplir con ciertas competencias como ser capaz de prestar atención a los detalles, ser creativo, de manos habilidosas para trabajar con ambas simultáneamente y sobre todo, las relacionadas con la actividad leudante de la levadura, que definen en gran parte la calidad del pan. Esto requiere un estricto conocimiento en la adición de agua y demás aditivos también de la importancia del tiempo de reposo y horneado que son tareas requeridas para una panificación de calidad y evitar que las pruebas realizadas en la panadería resulten deficientes por el mal manejo y desempeño del personal.

3.2.2.2. Laboratorio

En el Laboratorio de Control de Calidad se realizan los ensayos que, efectivamente, mantienen el control de la calidad de los granos de trigo, de la harina pura y harina fortificada. En él se determinan las proporciones relativas de los KPI'S de la harina y una de sus responsabilidades es responder a las inquietudes de sus clientes, especialmente de los clientes internos, como lo es el Departamento de Producción, quien es el motivo que impulsa al laboratorio a seguir mejorando, además de solventar los posibles reclamos que surjan de clientes externos. El Laboratorio de Control de Calidad está conformado por:

- Auxiliares de laboratorio
- Laboratoristas
- Jefe de control de calidad

Los laboratoristas tienen a su cargo la mayoría de actividades de vital importancia para la determinación de la calidad de la harina, son los responsables de tareas como la verificación de los procesos de análisis y ensayo empleados mediante la selección de los equipos de laboratorio en función del tipo de muestra, la interpretación y tratamiento de datos, redacción de informes, definir los métodos y técnicas a aplicar, la descomposición del proceso de una forma secuencial en varias operaciones.

Dentro de las competencias más importantes con la que debe contar, está el conocimiento de control estadístico, cuando se trata de una causa atribuible o una causa fortuita, la construcción e interpretación de gráficos y el comportamiento y dispersión de los datos mediante la correcta identificación de los límites de calidad aceptables.

También tiene bajo su responsabilidad la supervisión de los auxiliares de laboratorio, con quienes trabaja en conjunto y comparte ciertas responsabilidades, como regular las actividades de limpieza y sanitización de las instalaciones, el cuidado y manejo de los equipos e instrumentos y los reactivos.

El apoyo que brindan los auxiliares de laboratorio está relacionado con la ejecución de las actividades complementarias pero básicas que no requieren de alguna interpretación, como lo es la toma y el traslado de las muestras de la materia prima que ingresa, para posteriormente comenzar la preparación y manipulación de los equipos e instrumentos para comenzar las pruebas al

producto. Los resultados que obtenga se trasladan al laboratorista para que ejecute su trabajo.

Es indispensable que el auxiliar conozca el funcionamiento de los equipos que utiliza, ya que él es el encargado del cuidado, mantenimiento y buen estado.

Considerando que cada una de las operaciones que se realizan dentro del laboratorio de control de calidad son clave para un eficiente desempeño de los indicadores de calidad, tanto el laboratorista como el auxiliar deberán contar con la preparación adecuada, la supervisión y guía correcta. Estas atribuciones corresponden al jefe de control de calidad.

De forma explícita sus responsabilidades son planificar, dirigir, coordinar y evaluar el trabajo del equipo a su cargo, mediante la aprobación o rechazo de los análisis presentados por el laboratorista o los resultados obtenidos por los auxiliares, ser el representante de su departamento ante las demás áreas y asegurar la entrega de los resultados confiables, emitir opiniones, solventar problemas y proponer mejoras, todas relacionadas y buscando la calidad total.

Figura 27. **Equipo del laboratorio de control de calidad**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

3.2.3. Maquinaria

Se refiere a todo el equipo pesado que se emplea para el procesamiento de los granos de trigo. El uso de maquinaria industrial ha venido a auxiliar y en muchas ocasiones a sustituir el trabajo del hombre, lo que representa una reducción en factores importantes como el tiempo de producción, los desperdicios y deficiencias en la calidad, entre otros. Por tratarse de aparatos que se encuentran programados con parámetros estandarizados, existe uno para cada tipo de operación y permiten variabilidad en las capacidades de producción, la probabilidad de que sucedan errores es baja o casi nula, ya que su uso logra perfeccionar los trabajos.

Su relación con la calidad de la harina está influenciada por el tipo de maquinaria, su capacidad e instalación, el mantenimiento y uso que se les dé.

En cada etapa clave de producción se encuentran variedad de máquinas las cuales funcionan en conjunto de acuerdo al proceso que se ejecute.

- **Plataforma de pesaje:** empleada para el pesado de contenedores a granel de los ingresos de materia prima, también para el control de despachos. Es considerada una buena alternativa para el aporte a la calidad de la harina, por la obtención de resultados altamente confiables.

Figura 28. **Plataforma de pesaje**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- **Sistemas de humectación y silos de reposo:** maquinaria que interviene en la etapa clave de humectación y acondicionamiento. Funcionan eficientemente con los parámetros de cantidad de agua con los cuales sea programado el sistema de los silos en conjunto con el tiempo de reposo que determine el Departamento de Producción y Control de Calidad.

Figura 29. **Sistemas de humectación y silos de reposo**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- Bancos de molienda: se basa en múltiples trituraciones hasta obtener reducido el grano de trigo en harina fina. La trituración se desarrolla de forma repetitiva, llevando la reducción de los granos en los bancos de molienda una y otra vez. El desempeño de estas máquinas depende del mantenimiento que se le dé a los rodillos y el número de trituraciones que sean necesarias.

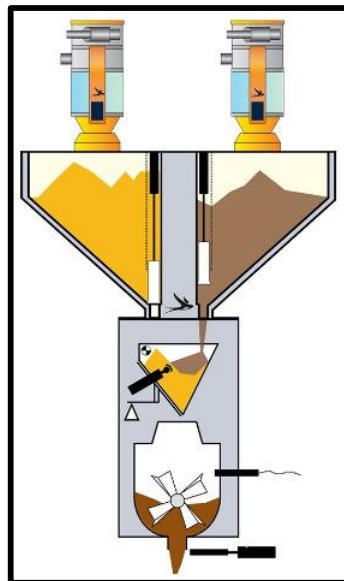
Figura 30. **Bancos de molienda**



Fuente: elaboración propia.

- Sistemas de dosificación: maquinaria empleada para la etapa de dosificación de ingredientes. Funciona de forma automática con el flujo dado en gr/min que se le haya designado por el Departamento de Producción y Control de Calidad. Para lograr una buena calidad debe existir una tolva de dosificación por cada ingrediente.

Figura 31. **Medidor dosificador volumétrico de productos granulados**



Fuente: tecnología del plástico. *Necesidades de un dosificador.*

<http://www.plastico.com/temas/Por-que-se-necesita-un-dispositivo-dosificador-para-la-mezcla-y-que-hay-que-tener-en-cuenta+107600>. Consulta: 29 de julio de 2018.

- Dosificador y silo de reposo: son dos máquinas que trabajan en conjunto para contribuir a la etapa de maduración acelerada de la harina para el consumo. Es en el departamento de producción y control de calidad en donde se establece la dosis de ácido ascórbico y madurador que se adicionará a la harina respecto al volumen producido. Es entonces cuando se programa el sistema de dosificadores y los silos para el

tiempo de reposo requerido deberán ser distintos a los silos de humectación y acondicionamiento, ya que los silos de reposo deben contener toda su superficie seca libre de humedad.

Figura 32. **Silo de almacenamiento de harina**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

3.2.4. Equipo

Son todos aquellos que se encuentran en el laboratorio de control de calidad. Son empleados para la realización de los análisis y ensayos y manipulados por los laboratoristas y auxiliares de laboratorio. Para las pruebas realizadas en un laboratorio de industrias harineras se hace uso de equipos exclusivos que dan como resultado un parámetro específico que se desea medir. Se debe mantener especial cuidado con estos equipos ya que son muy sensibles y gracias a ello la certeza de sus resultados.

- MOTOMCO 919: mide el contenido de humedad en una muestra de granos de trigo y permite conocer cuando es necesario realizar un ajuste al lote completo. Los resultados que proporciona se comparan con el KPI definido por control de calidad.

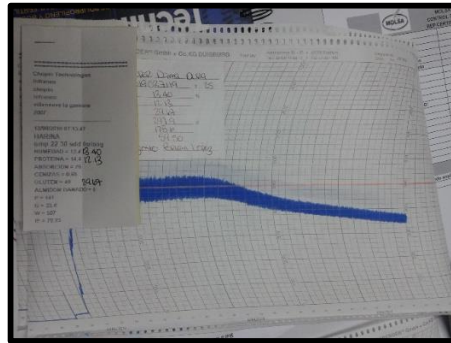
Figura 33. **Equipo análogo MOTOMCO 919**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- Farinógrafo: su función es medir la absorción de agua de la harina. Los resultados son mostrados mediante una gráfica, la que deberá ser interpretada por el laboratorista y determinar la calidad de la prueba. Se requiere, para un buen ensayo, mucha precisión especialmente al momento de adicionar el agua ya que debe ser estrictamente la requerida.

Figura 34. Resultado gráfico de ensayo en Farinógrafo



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- Muffla: se emplea para la determinación del contenido de cenizas. Su uso no se limita únicamente a pruebas en harina, si no a alimentos en general para el mismo fin. Para la realización del ensayo, además de la muffla, se emplea una báscula analítica, crisoles y un desecador. Los resultados serán seguros si la muffla es calentada a la temperatura requerida y la muestra se almacena en los crisoles dentro del desecador, por tal motivo, el expertise del laboratorista y auxiliar de laboratorio son indispensables.

Figura 35. **Equipo para la determinación de contenido de cenizas**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- **Glutomatic:** es un analizador de la cantidad y calidad del gluten. Los datos arrojados por este equipo le permiten al laboratorista determinar la calidad de cocción de la harina producida y el efecto que tendrá la cantidad del gluten en el volumen del pan. Es importante realizar cuidadosamente esta prueba, ya que con base en ella se podrán tomar decisiones que intervendrán en la calidad del proceso de panificación y como consecuencia impactará directamente al producto final, el pan.

Figura 36. **Glutomatic**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

- SDmatic (Starch Damaged-Almidón Dañado): equipo empleado para la determinación del índice de almidón dañado en la harina durante el proceso de producción. Su funcionamiento se basa en la medición de yodo absorbido por los gránulos de almidón. Cuanto menor es el valor medido, mayor resulta la tasa de almidón dañado.

Figura 37. **SDmatic**



Fuente: fotografía instalaciones Molsa, Guatemala.

4. CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO

4.1. Parámetros a medir en etapas clave

A continuación se presentan las etapas que mediante sus actividades de transformación generan consecuencias en el desempeño de los diferentes KPI's de la calidad de la harina ya conocidos.

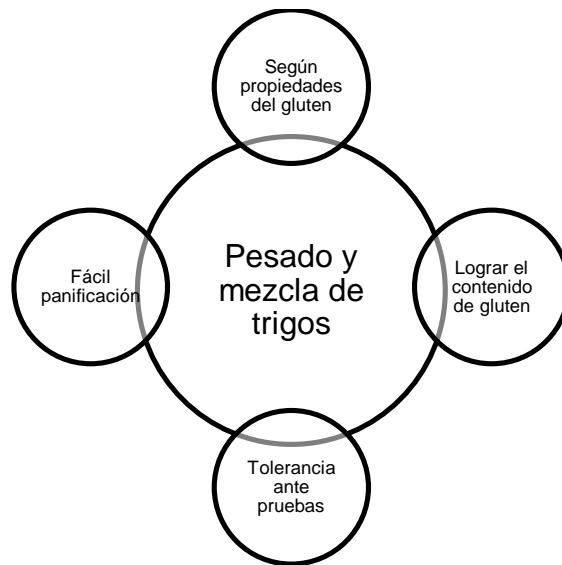
4.1.1. Pesado y mezcla de trigo

Con el ciclo de trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad del gluten es el pesado y mezcla de trigo.

4.1.1.1. Gluten

En la figura 38 se muestra que el inicio de dicha etapa precisa definir las propiedades del gluten del trigo recibido a granel para luego cumplir con la formulación establecida para la mezcla de granos deseada. Dicha formulación es creada bajo la consideración de lograr el contenido de gluten que les permitirá que la etapa de mezcla sea finalmente exitosa y no represente un problema prematuro de reproceso. La importancia del pesaje y mezcla radica en obtener mediante éstas, harinas ricas en gluten, ya que de ser así, tolerarán extensas pruebas. Logrando uno de los objetivos principales que es facilitar la panificación ya que aumenta la fuerza de la masa creada y como consecuencia su maleabilidad.

Figura 38. **Diagrama de relación gluten - pesado y mezcla de trigo**



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Humectación y almacenamiento

Con el Ciclo de Trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad de la humedad es la humectación y acondicionamiento.

4.1.2.1. Humedad

Con base en la figura 39 se define que, el método de almacenamiento debe definirse en función de las circunstancias y condiciones de ingreso de los granos de trigo, una vez conocidas éstas se procede a acondicionar pronto para almacenaje y evitar el calentamiento e infestación por plagas. La regulación de acondicionado consiste en ajustar las características de humedad para

compensar deficiencias del grano, y finalmente ubicar un local que reduzca el intercambio de humedad entre los granos almacenados y el ambiente, es decir, con características herméticas.

Figura 39. **Humedad - humectación y almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

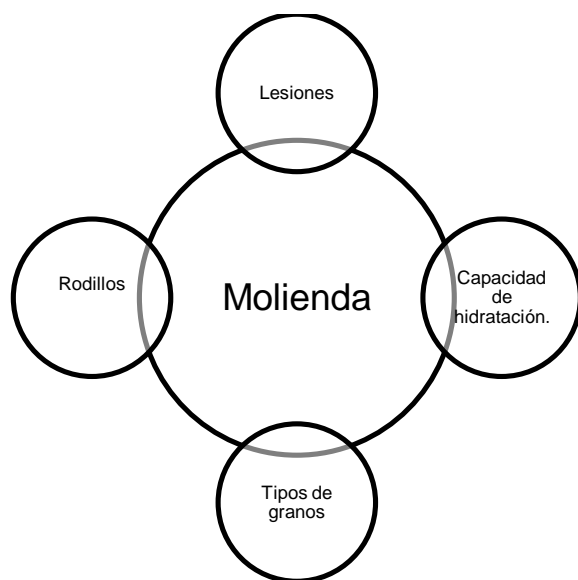
4.1.3. **Molienda**

Con el Ciclo de Trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad del almidón es la molienda, básicamente debido a que durante esta etapa se despliega una gran energía que lesiona en gran medida los gránulos.

4.1.3.1. Almidón dañado

Observando la figura 40 el nivel del daño y las lesiones depende de la fuerza de la molienda y de la dureza del grano. Al hacer referencia de la fuerza de la molienda es importante mencionar la diversidad de rodillos en molinos para su reducción, los cuales tienen diferentes ranuras dependiendo del número de paso de los granos por ellos. Al mismo tiempo, esta etapa depende de los tipos de granos ya que la harina de trigos suaves presenta menor intensidad de daño en almidón y viceversa, lo que evidentemente modifica la capacidad de hidratación, pues los granos con mayor intensidad de daño pueden aumentar su capacidad hasta en un 100 %, absorbiendo agua en su totalidad, lo que compromete las características de la masa para panificación.

Figura 40. Diagrama de relación molienda – almidón dañado



Fuente: elaboración propia.

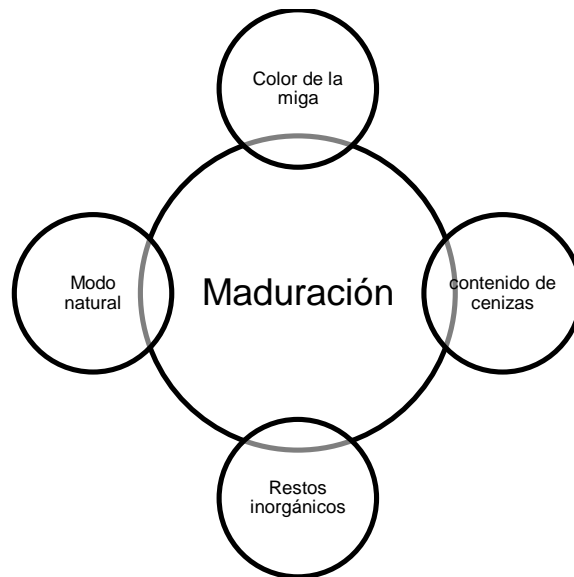
4.1.4. Maduración

Con el Ciclo de Trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad del contenido de ceniza es la maduración.

4.1.4.1. Contenido de cenizas

Con la ayuda del diagrama de relación presentado en la figura 41, se dice que una de las evidencias más importantes de una inadecuada maduración de la harina es que, un alto contenido de cenizas panifica miga de color oscuro, comprometiendo la presentación del producto final, cabe mencionar que, de igual manera un bajo contenido de cenizas implica una maduración deficiente. La etapa de maduración conlleva un tiempo mínimo de reposo necesario, ya que acelerar este proceso aumente los restos inorgánicos en la harina, los cuales no aportan beneficios considerables a la calidad. Una maduración lo más natural posible será la mejor opción para reducir los materiales inorgánicos.

Figura 41. **Diagrama de relación maduración – contenido de cenizas**



Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Dosificación de ingredientes

Con el ciclo de trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad del contenido de ceniza es la dosificación de ingredientes.

4.1.5.1. Contenido de cenizas

La relación que existe entre la dosificación de ingredientes y el contenido de cenizas se encuentra representado en el diagrama de relación de la figura 42 y es un importante aporte para identificar fallas en esta etapa, ya que la intensidad de aditivos añadidos está representada en los resultados de contenido de cenizas, es decir que un valor ideal, implica una correcta aportación de mejoras a la harina, y es entonces en este paso que se obtiene la

harina fortificada, con vitaminas y demás que intervienen directamente en el proceso de panificación. El contenido de cenizas también exhibe el contenido de minerales derivados de la dosificación de ingredientes.

Figura 42. **Dosificación de ingredientes –contenido de cenizas**



Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Panificación

Con el Ciclo de Trazabilidad realizado (ver figura 23), conforme a las preguntas planteadas y las respuestas obtenidas se determina que la etapa que incide en el desempeño y calidad de la absorción es la panificación.

4.1.6.1. Absorción

En el siguiente diagrama de relación mostrado en la figura 43 se encuentra la etapa que define la calidad total del proceso, es decir, en donde se

aprueba o desaprueba el funcionamiento de los procesos anteriores. Durante la panificación es donde se lleva a cabo el equilibrio final de las posibles deficiencias que aún existan en la harina, y es responsabilidad del señor panadero, hacer las anotaciones correspondientes del comportamiento de la masa e informar al departamento de control de calidad sobre cualquier anomalía y con esto determinar la calidad de lotes de harina producidos. Finalmente otro de sus aportes es que permite dar trazabilidad al obtener un pan de mala calidad y comenzar la búsqueda de la etapa problema.

Figura 43. **Diagrama de relación panificación – absorción**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Herramientas básicas para control estadístico

Para el logro de la calidad total, es indispensable emplear varios elementos que contribuyen en conjunto a la construcción de un proceso con cero defectos. Dentro de estos elementos se encuentra como uno de los

principales, la práctica de una cultura de calidad, se desarrolla en el personal y es la que dará lugar a la búsqueda de reducción de errores.

Cabe mencionar que al tomar la decisión de establecer dicha cultura, existen múltiples herramientas que facilitan identificar las posibles causas de deficiencias en el proceso, sus efectos, hasta lograr su control con el apoyo de análisis estadísticos.

Para el desarrollo del presente control estadístico del proceso (CEP), se emplearán como herramientas básicas las hojas de inspección para el registro de datos, gráficos de control para observar el comportamiento y variación de las mediciones y el diagrama de Pareto para determinar las causas de defectos de mayor impacto.

4.2.1. Hojas de inspección

El primer paso para poner en marcha el control de los indicadores es conocer el comportamiento actual de cada uno de ellos, esto se realiza mediante recolección de datos, se debe hacer de una forma clara, sencilla, sistemática y que su análisis resulte fácil. La construcción de un buen formato debe reunir ciertas características, tanto visuales como de registro que permitan la obtención de datos en tiempo real y de fácil verificación. A este formato que es creado especialmente para el control de la calidad de la harina mediante KPI's, se le conoce como Hojas de Inspección o Verificación. Las Hojas de Inspección pueden adaptarse al tipo de información que se desea registrar, ya sean defectos y posibles causas, o la localización mediante una inspección visual.

El tipo de hoja de Inspección para el control de la calidad de la harina de Molsa Guatemala se construyó con base en los datos que se pretenden recolectar, los cuales corresponden al desempeño o los resultados de un proceso ejecutado en el laboratorio de control de calidad, con el propósito de identificar las áreas de donde proceden ciertas variaciones. En conclusión, la finalidad de esta herramienta básica, es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, con el objetivo de contar con información que permita al departamento de control de calidad y Producción, orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente.

4.2.1.1. Registro de datos y promedios

Con el tipo de formato adecuado para la toma de datos, se construye una Hoja de inspección para el control de cada uno de los indicadores de calidad de la harina, esta se observa en su plantilla en la figura 36. En su inicio está conformada por la columna de fecha, esta define la frecuencia a la que se observará el proceso, siendo ésta como mínimo diaria con el objetivo de lograr un amplio control del proceso de forma mensual, realizando adicionalmente varias tomas al día distribuidas convenientemente en tres horarios . Se sabe que entre más datos se registren, mayor certeza tendrá el promedio de las diferentes mediciones y como consecuencia una referencia de tendencia central cercana a la calidad total. Nuevamente el laboratorista pone en práctica sus sólidos conocimientos en cuanto al desempeño de los indicadores de la calidad de la harina y la habilidad para el manejo y registro correcto de los datos requerido en la hoja de inspección.

Figura 44. Hoja de inspección Molsa Guatemala



**HOJA DE INSPECCIÓN
CONTROL DE CALIDAD KPI'S
INDICADOR: HUMEDAD**

(f) VERIFICÓ: _____
Auxiliar Control de Calidad

DEPARTAMENTO: Control de Calidad MOLSA GUATEMALA
ÁREA: Laboratorio

FECHA	PRODUCTO	HORA			PROM.	RANGOS	LABORATORISTA	OBSERVACIONES
		8:00AM	1:00PM	6:00PM	\bar{X}	R		
		1	2	3				
DD/MM/AA	Harina sin químico/Harina con químico							
TENDENCIA CENTRAL					\bar{X}	\bar{R}		

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Gráficos de control

Como su nombre lo indica su función es controlar las variables medidas, y garantizar que éstas permanezcan dentro de los límites aceptables de calidad. Estos gráficos se aplican para mantener el proceso cercano a un valor medio llamado Tendencia Central y dentro de un Límite Superior y un Límite Inferior, con el apoyo de análisis estadísticos. En la medida que el comportamiento de las variables permanezca dentro de estos estándares se dice que el proceso no manifiesta cambios importantes que puedan comprometer la calidad del proceso, y en el caso contrario, cuando alguna de las variables supere los límites, existe una causa a la que se le atribuye dicha variación considerada importante para la calidad del proceso.

Sin embargo, es importante mencionar que la interpretación de los gráficos no se restringe únicamente a la observancia de puntos que sobrepasan los límites de control, si no también muestra la existencia de comportamientos, patrones y tendencias en los datos, que darán un indicio de que hay una variabilidad no aleatoria que debe investigarse.

Figura 45. **Fórmulas y parámetros para la construcción de los gráficos de control**

Gráfica Para	Línea Central	Límite Control Inferior (LCI)	Límite Control Superior (LCS)
Promedios \bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
Rangos R	\bar{R}	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$

n	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1.880	0	3.268	1.128
3	1.023	0	2.574	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.114	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078

Fuente: *Gestión de operaciones*. <https://www.gestiondeoperaciones.net/control-estadistico-de-procesos/ejemplo-de-grafica-de-promedios-y-grafica-de-rangos-en-el-control-estadistico-de-procesos/>. Consulta: 10 de enero de 2018.

4.2.2.1. Gráficos X

También se le conoce como gráfico de promedios. Estos se emplean cuando se desea controlar variables en procesos de producción masivos, en donde se deben tomar datos de forma constante y periódica, como lo es la producción de harina para la panificación. Las mediciones se realizan múltiples veces durante la jornada con el objetivo de calcular el promedio para cada

muestra. El primer paso para su construcción es la obtención del gran promedio o equis doble testada ($\bar{\bar{X}}$), esta define la línea de tendencia central y se obtiene como el promedio de los promedios muestrales. Posteriormente se definen los límites superior e inferior calculados generalmente a más-menos tres desviaciones estándar respectivamente. La interpretación de los gráficos se basa en que un proceso está bajo control si no existen causas atribuibles que expliquen las variaciones, es decir, el proceso es predecible. De otra forma, un proceso está bajo control estadístico si sólo tiene variaciones asociadas a causas fortuitas o aleatorias.

4.2.2.1.1. Harina sin químico

Los indicadores de calidad que se miden en harina sin químico son la humedad, gluten y almidón dañado, estos están contenidos en la harina antes de ser fortificada.

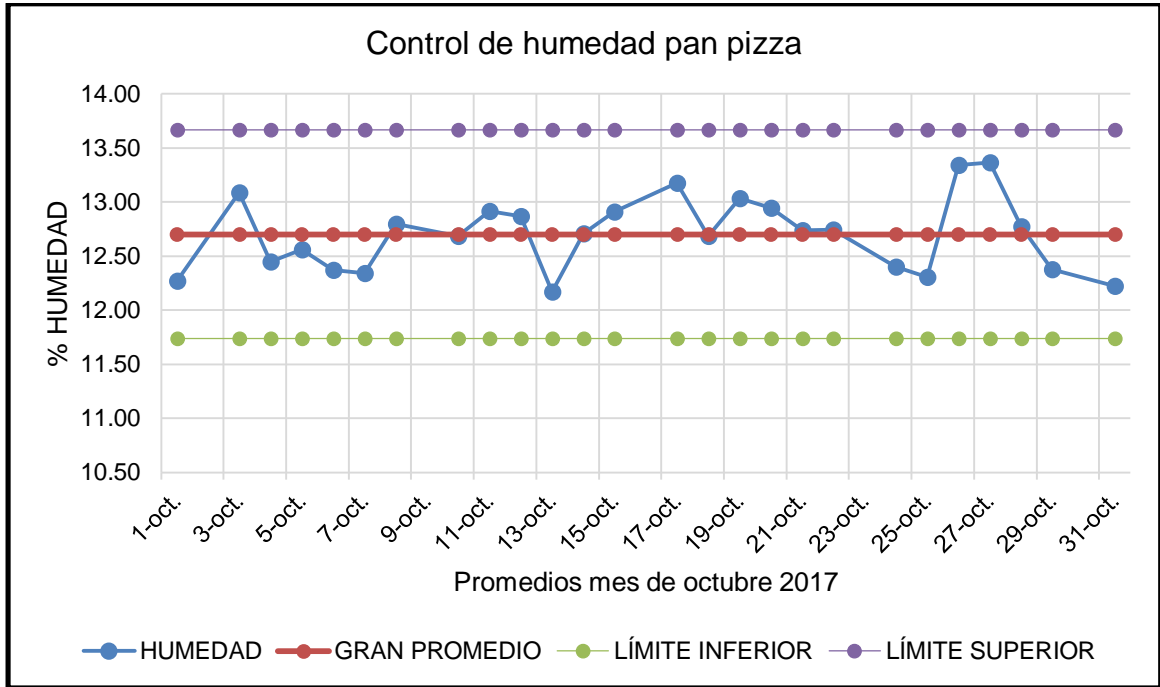
En la siguiente tabla se muestran los datos tabulados extraídos de la hoja de inspección (ver figura 44), realizada durante el mes de octubre de 2017, con la finalidad de presentar la procedencia de los cálculos para los promedios diarios y comenzar con ellos la construcción de los gráficos de promedios.

Tabla XXII. Datos tabulados y resultados KPI de humedad pan pizza

Fecha	Humedad	Gran promedio	Límite inferior	Límite superior
1-oct	12,27	12,70	11,74	13,67
3-oct	13,09	12,70	11,74	13,67
4-oct	12,45	12,70	11,74	13,67
5-oct	12,56	12,70	11,74	13,67
6-oct	12,37	12,70	11,74	13,67
7-oct	12,34	12,70	11,74	13,67
8-oct	12,80	12,70	11,74	13,67
10-oct	12,68	12,70	11,74	13,67
11-oct	12,91	12,70	11,74	13,67
12-oct	12,87	12,70	11,74	13,67
13-oct	12,17	12,70	11,74	13,67
14-oct	12,71	12,70	11,74	13,67
15-oct	12,91	12,70	11,74	13,67
17-oct	13,17	12,70	11,74	13,67
18-oct	12,69	12,70	11,74	13,67
19-oct	13,03	12,70	11,74	13,67
20-oct	12,95	12,70	11,74	13,67
21-oct	12,74	12,70	11,74	13,67
22-oct	12,75	12,70	11,74	13,67
24-oct	12,40	12,70	11,74	13,67
25-oct	12,30	12,70	11,74	13,67
26-oct	13,34	12,70	11,74	13,67
27-oct	13,37	12,70	11,74	13,67
28-oct	12,78	12,70	11,74	13,67
29-oct	12,38	12,70	11,74	13,67
31-oct	12,22	12,70	11,74	13,67

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Gráfico de promedios de humedad



Fuente: elaboración propia.

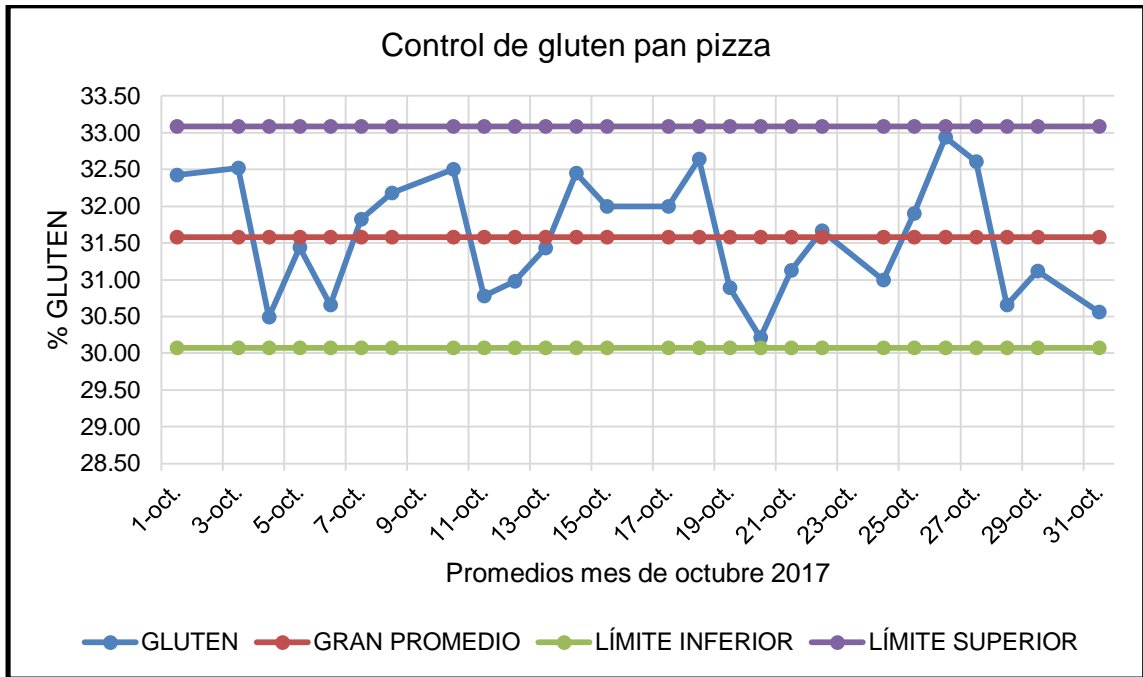
El gráfico que se muestra en la figura 46 se observan los treinta y un promedios de las muestras tomadas, su dispersión respecto al gran promedio, y su desplazamiento hacia los límites de control. Se puede concluir que evidentemente no existen puntos que sobrepasen los límites y dan lugar a un proceso bajo control. Adicionalmente se manifiesta un proceso bastante aleatorio, en donde en ciertas fechas se sufrieron cambios que no resultaron significativos para el desempeño del KPI de humedad, y que fueron oportunamente corregidas, evitando así que se convirtieran en puntos fuera de control.

Tabla XXIII. **Resultados para KPI de gluten**

Fecha	Gluten	Gran promedio	Límite inferior	Límite superior
1-oct	32,42	31,58	30,07	33,08
3-oct	32,52	31,58	30,07	33,08
4-oct	30,49	31,58	30,07	33,08
5-oct	31,44	31,58	30,07	33,08
6-oct	30,66	31,58	30,07	33,08
7-oct	31,82	31,58	30,07	33,08
8-oct	32,18	31,58	30,07	33,08
10-oct	32,50	31,58	30,07	33,08
11-oct	30,78	31,58	30,07	33,08
12-oct	30,98	31,58	30,07	33,08
13-oct	31,43	31,58	30,07	33,08
14-oct	32,45	31,58	30,07	33,08
15-oct	32,00	31,58	30,07	33,08
17-oct	32,00	31,58	30,07	33,08
18-oct	32,64	31,58	30,07	33,08
19-oct	30,89	31,58	30,07	33,08
20-oct	30,21	31,58	30,07	33,08
21-oct	31,13	31,58	30,07	33,08
22-oct	31,67	31,58	30,07	33,08
24-oct	31,00	31,58	30,07	33,08
25-oct	31,90	31,58	30,07	33,08
26-oct	32,94	31,58	30,07	33,08
27-oct	32,61	31,58	30,07	33,08
28-oct	30,66	31,58	30,07	33,08
29-oct	31,12	31,58	30,07	33,08
31-oct	30,56	31,58	30,07	33,08

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Gráfico de promedios de gluten



Fuente: elaboración propia.

En la figura 47, se muestran los promedios de las mediciones del gluten de harina para pan pizza, con un comportamiento aleatorio, en donde afortunadamente no existen mediciones que alteraran la estabilidad del proceso, se trata de un buen desempeño del KPI de Gluten en dicha harina. Es importante prestar atención a los resultados del día 20 y 26 de octubre, esto manifiesta un comportamiento inusual y que si no se controlan, se corre el riesgo de comprometer la estabilidad del indicador.

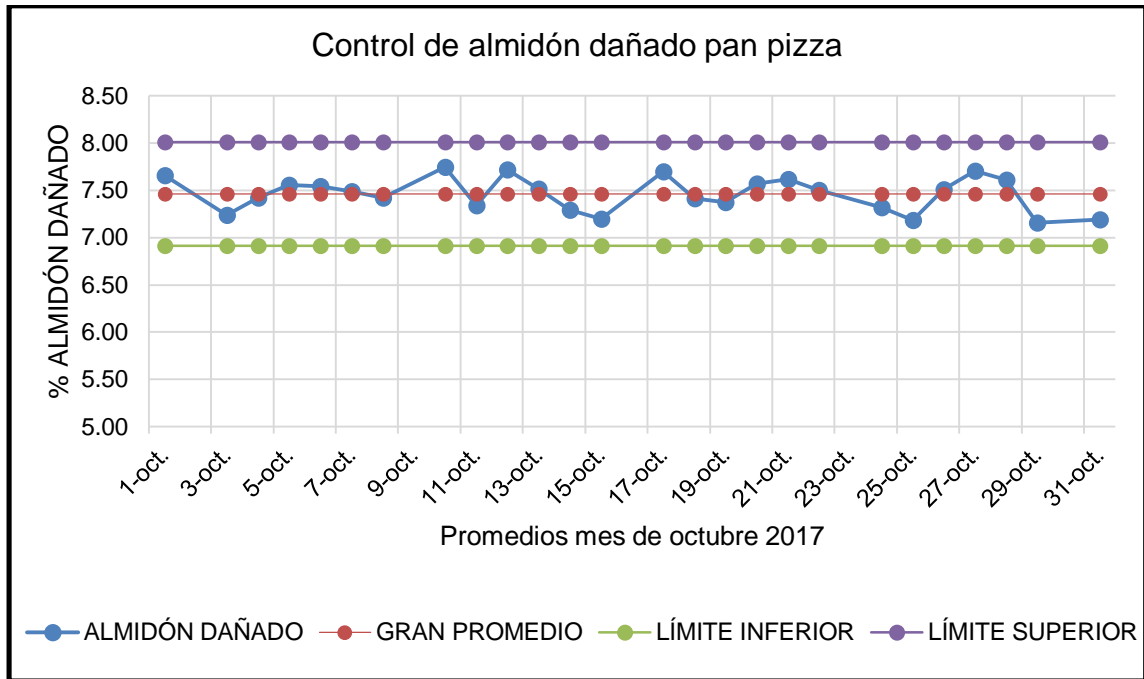
Se observa que las medidas sufren cambios constantes, que son controlados de forma temporal, pues varían considerablemente entre cada promedio muestral.

Tabla XXIV. **Resultados para KPI de almidón dañado**

Fecha	Almidón dañado	Gran promedio	Límite inferior	Límite superior
1-oct	7,66	7,46	6,91	8,01
3-oct	7,24	7,46	6,91	8,01
4-oct	7,42	7,46	6,91	8,01
5-oct	7,56	7,46	6,91	8,01
6-oct	7,55	7,46	6,91	8,01
7-oct	7,49	7,46	6,91	8,01
8-oct	7,42	7,46	6,91	8,01
10-oct	7,75	7,46	6,91	8,01
11-oct	7,34	7,46	6,91	8,01
12-oct	7,72	7,46	6,91	8,01
13-oct	7,52	7,46	6,91	8,01
14-oct	7,29	7,46	6,91	8,01
15-oct	7,20	7,46	6,91	8,01
17-oct	7,70	7,46	6,91	8,01
18-oct	7,41	7,46	6,91	8,01
19-oct	7,38	7,46	6,91	8,01
20-oct	7,57	7,46	6,91	8,01
21-oct	7,62	7,46	6,91	8,01
22-oct	7,50	7,46	6,91	8,01
24-oct	7,32	7,46	6,91	8,01
25-oct	7,18	7,46	6,91	8,01
26-oct	7,51	7,46	6,91	8,01
27-oct	7,71	7,46	6,91	8,01
28-oct	7,61	7,46	6,91	8,01
29-oct	7,16	7,46	6,91	8,01
31-oct	7,19	7,46	6,91	8,01

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Gráfico promedios de almidón dañado



Fuente: elaboración propia.

El gráfico mostrado en la figura 48 el comportamiento de los promedios de las muestras tomadas de almidón dañado en harina para pan pizza. Se observa que los datos se mantienen cercanos a la línea central o gran promedio, lo que resulta ser positivo a simple vista también supone que el indicador tiene un excelente desempeño, más sin embargo, a partir del 19 de octubre al 29 de octubre, los datos tienen una tendencia un tanto cíclica, por lo que pone de manifiesto un posible control y descontrol que han posiblemente adaptado en la rutina de control de la calidad del almidón dañado.

4.2.2.1.2. Harina para empaque

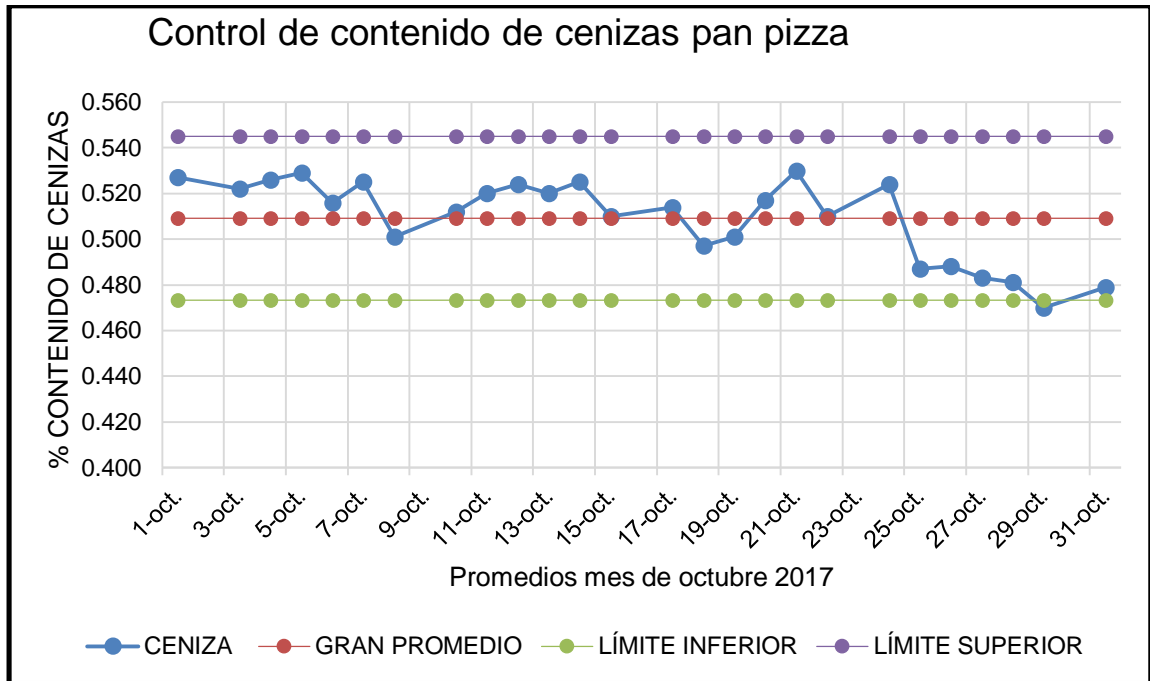
Los indicadores de calidad que se miden en harina para empaque son el contenido de cenizas y la absorción. En la siguiente tabla se muestran los datos tabulados extraídos de la hoja de inspección (ver figura 41,) realizada durante el mes de octubre 2017.

Tabla XXV. Datos tabulados y resultados KPI de contenido de cenizas

Fecha	Ceniza	Gran promedio	Límite inferior	Límite superior
1-oct	0,527	0,509	0,473	0,545
3-oct	0,522	0,509	0,473	0,545
4-oct	0,526	0,509	0,473	0,545
5-oct	0,529	0,509	0,473	0,545
6-oct	0,516	0,509	0,473	0,545
7-oct	0,525	0,509	0,473	0,545
8-oct	0,501	0,509	0,473	0,545
10-oct	0,512	0,509	0,473	0,545
11-oct	0,520	0,509	0,473	0,545
12-oct	0,524	0,509	0,473	0,545
13-oct	0,520	0,509	0,473	0,545
14-oct	0,525	0,509	0,473	0,545
15-oct	0,510	0,509	0,473	0,545
17-oct	0,514	0,509	0,473	0,545
18-oct	0,497	0,509	0,473	0,545
19-oct	0,501	0,509	0,473	0,545
20-oct	0,517	0,509	0,473	0,545
21-oct	0,530	0,509	0,473	0,545
22-oct	0,510	0,509	0,473	0,545
24-oct	0,524	0,509	0,473	0,545
25-oct	0,487	0,509	0,473	0,545
26-oct	0,488	0,509	0,473	0,545
27-oct	0,483	0,509	0,473	0,545
28-oct	0,481	0,509	0,473	0,545
29-oct	0,470	0,509	0,473	0,545
31-oct	0,479	0,509	0,473	0,545

Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Gráfico de promedios de contenido de cenizas



Fuente: elaboración propia.

En la figura 49 se muestra el gráfico de control para el contenido de cenizas en la harina para pan pizza, en esto se observa un punto, específicamente el día 29 de octubre, que sobrepasa el límite inferior provocando, a simple vista, un proceso fuera de control, debido a algún acontecimiento de variabilidad significativa, ello deberá ser identificado para su posterior control y permita que la harina tenga un mejor desempeño en calidad.

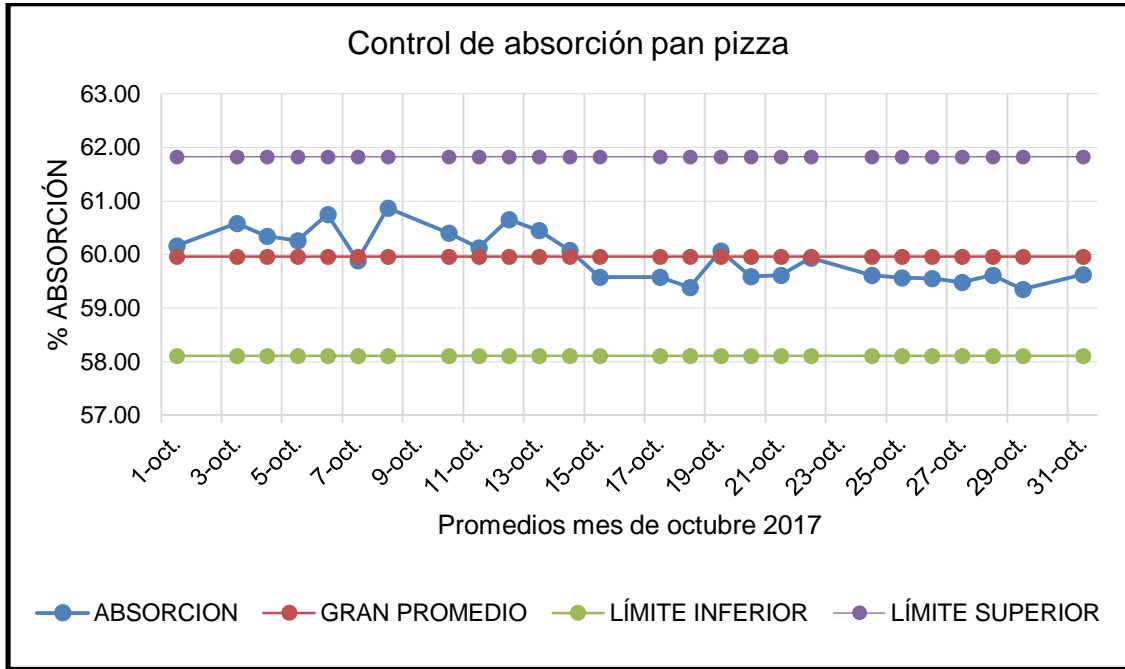
Los datos representados del 25 de octubre hasta antes del 29 de octubre, anticipaban de forma alarmante la deficiencia en el desempeño del contenido de cenizas, esto mediante una tendencia descendente como se observa en la gráfica. En cuanto al comportamiento de los demás promedios muestrales, se puede concluir que mantiene una variabilidad que no se considera inusual.

Tabla XXVI. **Resultados para KPI de absorción**

Fecha	Absorción	Gran promedio	Límite inferior	Límite superior
1-oct	60,17	59,97	58,10	61,83
3-oct	60,59	59,97	58,10	61,83
4-oct	60,35	59,97	58,10	61,83
5-oct	60,26	59,97	58,10	61,83
6-oct	60,75	59,97	58,10	61,83
7-oct	59,89	59,97	58,10	61,83
8-oct	60,87	59,97	58,10	61,83
10-oct	60,41	59,97	58,10	61,83
11-oct	60,12	59,97	58,10	61,83
12-oct	60,65	59,97	58,10	61,83
13-oct	60,45	59,97	58,10	61,83
14-oct	60,08	59,97	58,10	61,83
15-oct	59,58	59,97	58,10	61,83
17-oct	59,58	59,97	58,10	61,83
18-oct	59,39	59,97	58,10	61,83
19-oct	60,07	59,97	58,10	61,83
20-oct	59,59	59,97	58,10	61,83
21-oct	59,61	59,97	58,10	61,83
22-oct	59,94	59,97	58,10	61,83
24-oct	59,62	59,97	58,10	61,83
25-oct	59,57	59,97	58,10	61,83
26-oct	59,55	59,97	58,10	61,83
27-oct	59,48	59,97	58,10	61,83
28-oct	59,61	59,97	58,10	61,83
29-oct	59,35	59,97	58,10	61,83
31-oct	59,62	59,97	58,10	61,83

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Gráfico de promedios de absorción



Fuente: elaboración propia.

En la figura 50 se observa el gráfico para el control de la calidad del almidón dañado en la harina para pan pizza. Éste muestra un proceso de desempeño de calidad bajo control debido a que no existe ningún punto ubicado fuera de los límites de control, lo que representa una harina con óptimas cualidades de absorción.

Cabe mencionar que, aunque la totalidad de las muestras se encuentren dentro de los límites de control establecidos, es de suma importancia observar la tendencia general de los datos, pareciera que la mitad de los puntos se encuentran en la parte superior de la línea que representa el gran promedio y la otra mitad por debajo de la línea del gran promedio. Esto puede interpretarse

como un intento fallido de tomar el control del indicador, provocando un desequilibrio en el desempeño de la absorción de la harina.

4.2.2.2. Gráficos R

Estos gráficos, llamados gráficos de rangos, se hacen generalmente en conjunto con los gráficos X o gráficos de promedios. La función de éstos es monitorear la varianza de una forma simple de las muestras con las que se construyó el gráfico X e identificar de forma sensible y anticipada las posibles alertas de posibles procesos fuera de control.

Los rangos se calculan mediante la diferencia entre el dato mayor y el dato menos, es decir, únicamente con base en dos registros, quedando expuesta de esta manera una de sus desventajas, se ignora el resto de las muestras, más sin embargo, para registros pequeños resulta ser la mejor opción para el control de los datos y su práctica.

Los límites de control se calculan a partir del rango promedio y delimitan una zona de tres desviaciones estándar de cada lado de la media.

El tamaño de los subgrupos para la elaboración de los gráficos de control es de tres, también resulta conveniente emplear la gráfica de rangos.

4.2.2.2.1. Harina sin químico

Se consideran los indicadores empleados para las gráficas X, siendo la humedad, gluten y almidón dañado, éstos son los que se miden en la harina antes de ser fortificada.

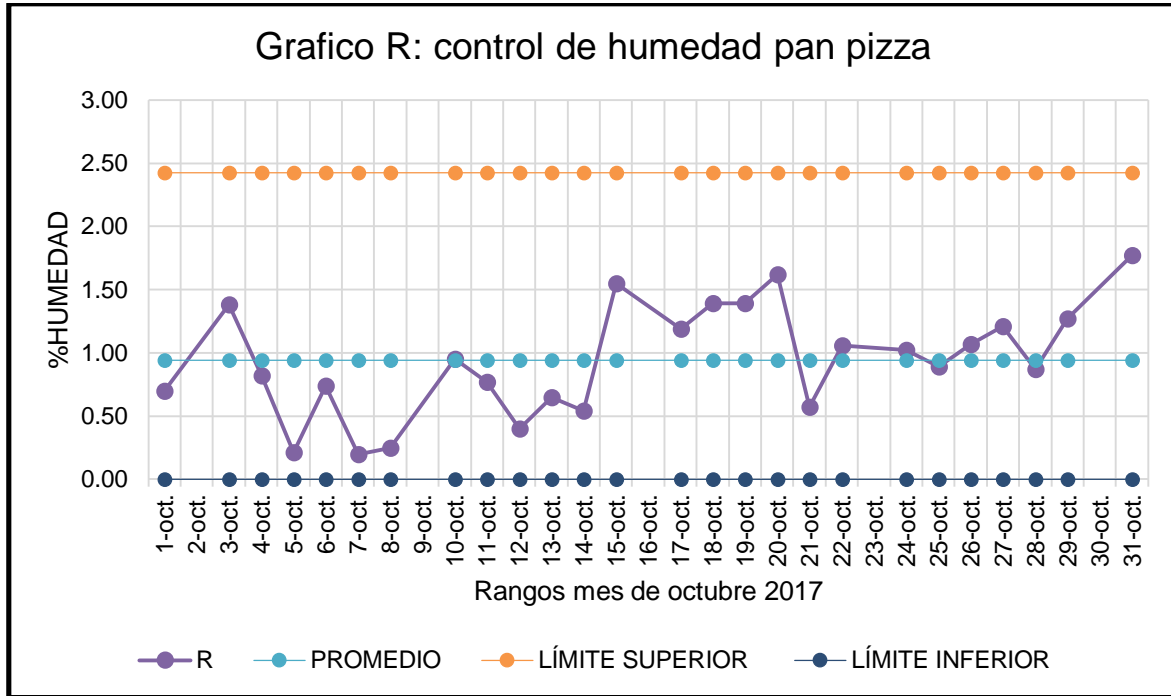
En la siguiente tabla se muestran los datos de rangos tabulados extraídos de la hoja de inspección (ver figura 41), realizada durante el mes de octubre de 2017, con la finalidad de presentar la procedencia de los cálculos para los rangos diarios y comenzar con ellos la construcción de los gráficos R.

Tabla XXVII. **Datos tabulados y resultados KPI de humedad pan pizza**

Fecha	R	R Promedio	Límite superior	Límite inferior
1-oct	0,70	0,94	2,42	0
3-oct	1,38	0,94	2,42	0
4-oct	0,82	0,94	2,42	0
5-oct	0,21	0,94	2,42	0
6-oct	0,74	0,94	2,42	0
7-oct	0,20	0,94	2,42	0
8-oct	0,25	0,94	2,42	0
10-oct	0,95	0,94	2,42	0
11-oct	0,77	0,94	2,42	0
12-oct	0,40	0,94	2,42	0
13-oct	0,65	0,94	2,42	0
14-oct	0,54	0,94	2,42	0
15-oct	1,55	0,94	2,42	0
17-oct	1,19	0,94	2,42	0
18-oct	1,39	0,94	2,42	0
19-oct	1,39	0,94	2,42	0
20-oct	1,62	0,94	2,42	0
21-oct	0,57	0,94	2,42	0
22-oct	1,06	0,94	2,42	0
24-oct	1,02	0,94	2,42	0
25-oct	0,89	0,94	2,42	0
26-oct	1,07	0,94	2,42	0
27-oct	1,21	0,94	2,42	0
28-oct	0,87	0,94	2,42	0
29-oct	1,27	0,94	2,42	0
31-oct	1,77	0,94	2,42	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Gráfico de rangos de humedad



Fuente: elaboración propia.

El gráfico de rangos de humedad, muestra la variabilidad entre datos de un mismo subgrupo, definida como la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de cada una de las muestras realizadas. Se puede concluir que en la figura 51 se observa una considerable dispersión de los datos, más sin embargo, se mantienen bajo control. La variación observada refleja cambios constantes y aleatorios en la gráfica de promedios sin llegar a desequilibrar el desempeño del medidor de la calidad.

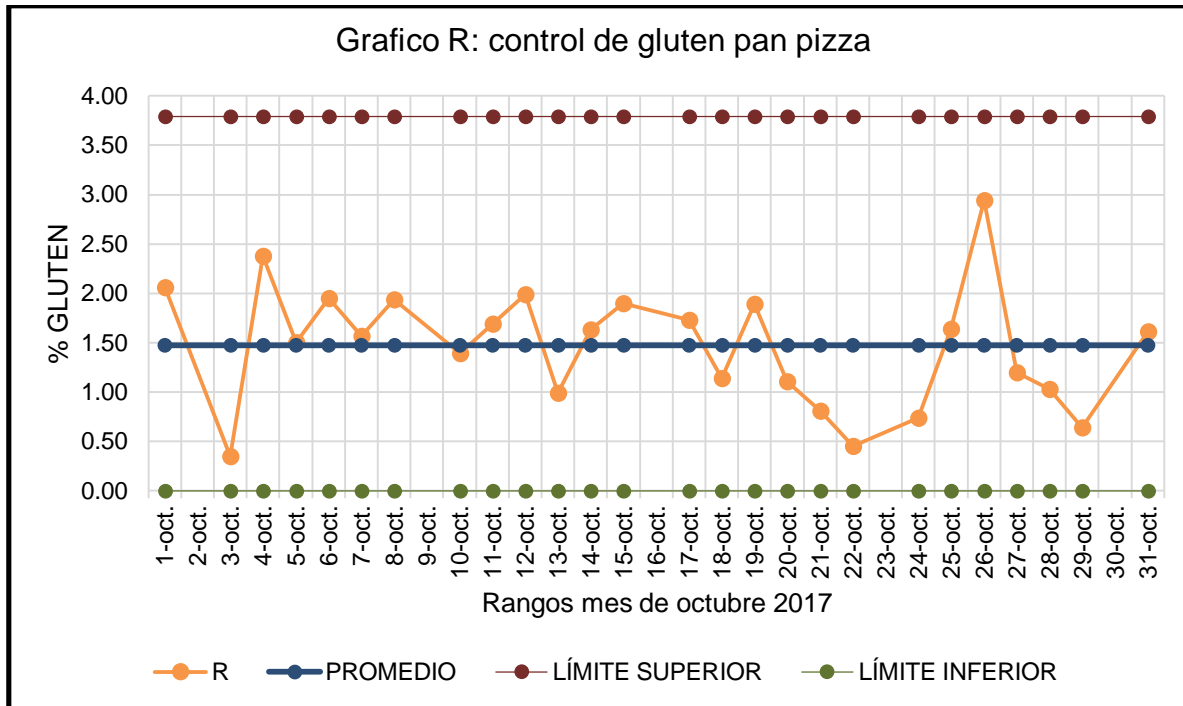
La existencia de diversas causas que afectan el desempeño del indicador de humedad, se constituyen en las responsables de las variaciones observadas.

Tabla XXVIII. **Resultados de rangos KPI de gluten**

Fecha	R		Límite superior	Límite inferior
	R	Promedio		
1-oct	2,06	1,47	3,79	0
3-oct	0,35	1,47	3,79	0
4-oct	2,38	1,47	3,79	0
5-oct	1,50	1,47	3,79	0
6-oct	1,95	1,47	3,79	0
7-oct	1,57	1,47	3,79	0
8-oct	1,94	1,47	3,79	0
10-oct	1,39	1,47	3,79	0
11-oct	1,69	1,47	3,79	0
12-oct	1,99	1,47	3,79	0
13-oct	0,99	1,47	3,79	0
14-oct	1,63	1,47	3,79	0
15-oct	1,90	1,47	3,79	0
17-oct	1,73	1,47	3,79	0
18-oct	1,14	1,47	3,79	0
19-oct	1,89	1,47	3,79	0
20-oct	1,11	1,47	3,79	0
21-oct	0,81	1,47	3,79	0
22-oct	0,45	1,47	3,79	0
24-oct	0,74	1,47	3,79	0
25-oct	1,64	1,47	3,79	0
26-oct	2,94	1,47	3,79	0
27-oct	1,20	1,47	3,79	0
28-oct	1,03	1,47	3,79	0
29-oct	0,64	1,47	3,79	0
31-oct	1,61	1,47	3,79	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Gráfico de rangos de gluten



Fuente: elaboración propia.

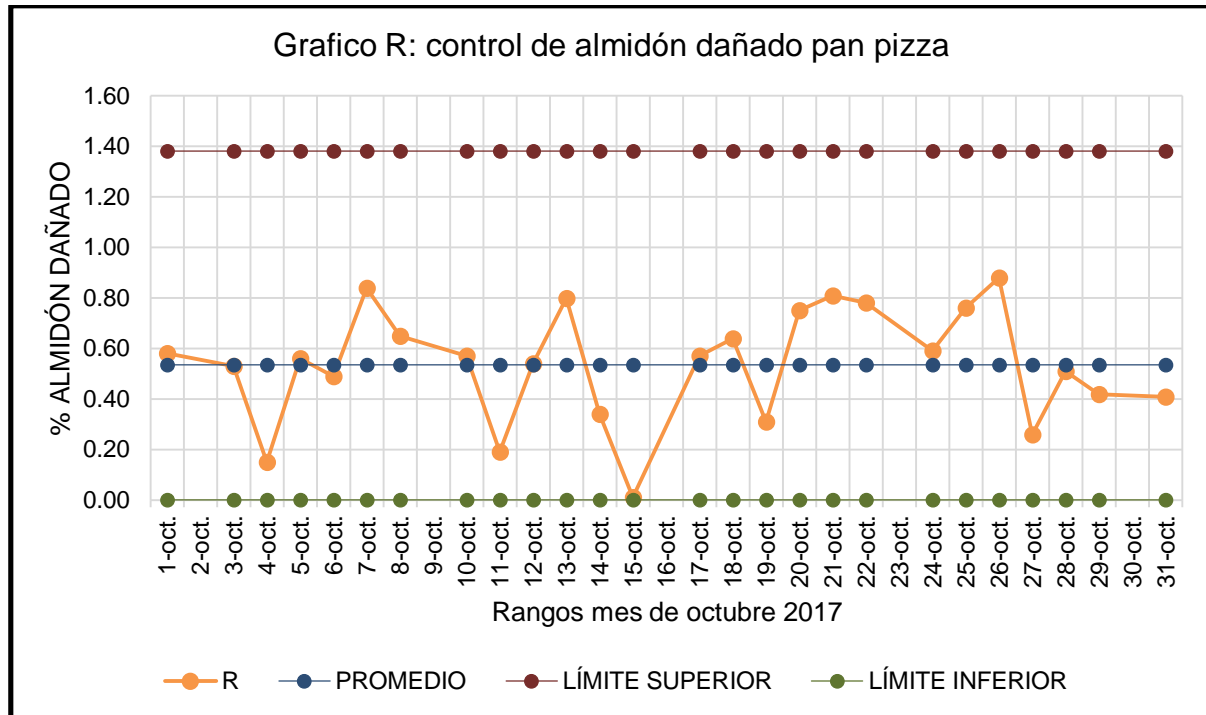
En la figura 52 se describe la dispersión de los datos tomados en cada muestra, observando un comportamiento básicamente aleatorio. En ciertas fechas se presentan tendencias similares, siendo las muestras del 6 y 8 de octubre, en las cuales las mediciones posiblemente se alteraron por una causa en especial, recuperándose el día 5 y 7 de octubre, se acercan al promedio de los rangos deseado. Dentro del comportamiento también es posible identificar las fechas en donde se presentó un menor desempeño del indicador de gluten en la harina, siendo del 20 al 22 de octubre, y en su punto más bajo, el día 3 de octubre, representa la mayor alerta de la existencia de un futuro promedio afectado que provocaría un proceso fuera de control para la gráfica de medias.

Tabla XXIX. **Resultados de rangos KPI de almidón dañado**

Fecha	R	R Promedio	Límite superior	Límite inferior
1-oct	0,58	0,54	1,38	0
3-oct	0,53	0,54	1,38	0
4-oct	0,15	0,54	1,38	0
5-oct	0,56	0,54	1,38	0
6-oct	0,49	0,54	1,38	0
7-oct	0,84	0,54	1,38	0
8-oct	0,65	0,54	1,38	0
10-oct	0,57	0,54	1,38	0
11-oct	0,19	0,54	1,38	0
12-oct	0,54	0,54	1,38	0
13-oct	0,80	0,54	1,38	0
14-oct	0,34	0,54	1,38	0
15-oct	0,01	0,54	1,38	0
17-oct	0,57	0,54	1,38	0
18-oct	0,64	0,54	1,38	0
19-oct	0,31	0,54	1,38	0
20-oct	0,75	0,54	1,38	0
21-oct	0,81	0,54	1,38	0
22-oct	0,78	0,54	1,38	0
24-oct	0,59	0,54	1,38	0
25-oct	0,76	0,54	1,38	0
26-oct	0,88	0,54	1,38	0
27-oct	0,26	0,54	1,38	0
28-oct	0,51	0,54	1,38	0
29-oct	0,42	0,54	1,38	0
31-oct	0,41	0,54	1,38	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Gráfico de rangos de almidón dañado



Fuente: elaboración propia.

Observando el gráfico de rangos del almidón dañado, existen tres puntos que llaman la atención, siendo el 4 y 11 de octubre, y especialmente el día 15 de octubre, estos días muestran un valor bajo en comparación con los demás rangos muestrales. Con la ayuda adicional de la tabla XXIX de los resultados de rangos KPI de almidón dañado se observa el valor del rango correspondiente al día 15 de octubre, este es de 0,01, lo que significa que en las mediciones de dicho día no existieron diferencias, esto resulta ser algo considerado como inusual, y el resto de las mediciones sí presentaron variaciones considerables y que se mantuvieron dentro de lo normal según la figura 53.

4.2.2.2. Harina para empaque

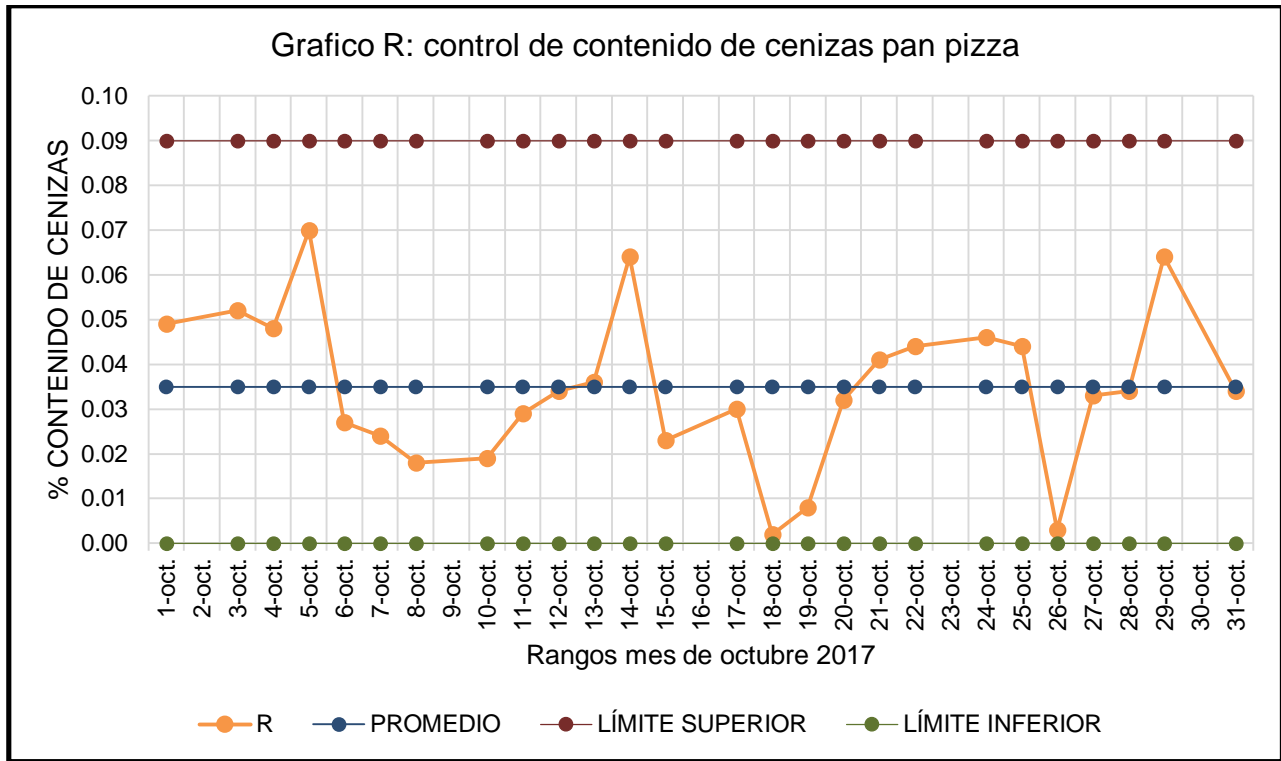
El contenido de cenizas y la absorción son los indicadores que se miden en la harina destinada para el empaque. En la siguiente tabla se muestran los datos de rangos tabulados extraídos de la hoja de inspección realizada durante el mes de octubre de 2017.

Tabla XXX. **Datos tabulados y resultados KPI contenido de cenizas**

Fecha	R		Límite superior	Límite inferior
	R	Promedio		
1-oct	0,05	0,03	0,09	0
3-oct	0,05	0,03	0,09	0
4-oct	0,05	0,03	0,09	0
5-oct	0,07	0,03	0,09	0
6-oct	0,03	0,03	0,09	0
7-oct	0,02	0,03	0,09	0
8-oct	0,02	0,03	0,09	0
10-oct	0,02	0,03	0,09	0
11-oct	0,03	0,03	0,09	0
12-oct	0,03	0,03	0,09	0
13-oct	0,04	0,03	0,09	0
14-oct	0,06	0,03	0,09	0
15-oct	0,02	0,03	0,09	0
17-oct	0,03	0,03	0,09	0
18-oct	0,00	0,03	0,09	0
19-oct	0,01	0,03	0,09	0
20-oct	0,03	0,03	0,09	0
21-oct	0,04	0,03	0,09	0
22-oct	0,04	0,03	0,09	0
24-oct	0,05	0,03	0,09	0
25-oct	0,04	0,03	0,09	0
26-oct	0,00	0,03	0,09	0
27-oct	0,03	0,03	0,09	0
28-oct	0,03	0,03	0,09	0
29-oct	0,06	0,03	0,09	0
31-oct	0,03	0,03	0,09	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Gráfico de rangos de contenido de cenizas



Fuente: elaboración propia.

En el gráfico R presentado en la figura 54, se observan los valores de los rangos muestrales para el contenido de cenizas de determinada harina. Es evidente que el comportamiento de los datos es muy fluctuante, mantiene un comportamiento aleatorio, más no constante, que es lo que se espera obtener en la tendencia de los valores dentro de estos gráficos. Del 6 de octubre al 12 de octubre se observan los datos de los rangos consecutivamente debajo de la línea de tendencia central, esto podría tratarse de alguna causa que afecta el desempeño de los resultados de contenido de cenizas y que se está ignorando, más sin embargo, la gráfica indica que debe identificarse y controlarse y evitar

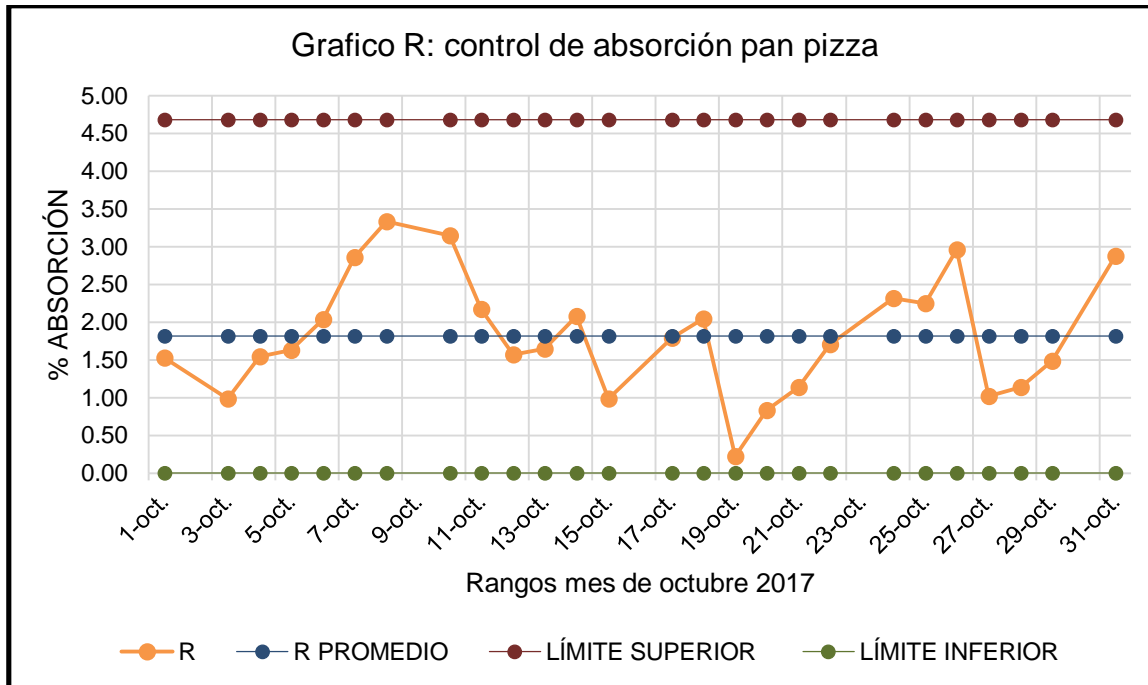
que dé lugar a un proceso fuera de control, también, revisar las mediciones realizadas el día 18 y 26 de octubre, con rangos muy bajos.

Tabla XXXI. **Resultados de rangos KPI de absorción**

Fecha	R	R Promedio	Límite superior	Límite inferior
01-oct	1,53	1,82	4,69	0
03-oct	0,99	1,82	4,69	0
04-oct	1,55	1,82	4,69	0
05-oct	1,63	1,82	4,69	0
06-oct	2,04	1,82	4,69	0
07-oct	2,86	1,82	4,69	0
08-oct	3,34	1,82	4,69	0
10-oct	3,15	1,82	4,69	0
11-oct	2,17	1,82	4,69	0
12-oct	1,57	1,82	4,69	0
13-oct	1,65	1,82	4,69	0
14-oct	2,08	1,82	4,69	0
15-oct	0,99	1,82	4,69	0
17-oct	1,79	1,82	4,69	0
18-oct	2,05	1,82	4,69	0
19-oct	0,22	1,82	4,69	0
20-oct	0,83	1,82	4,69	0
21-oct	1,14	1,82	4,69	0
22-oct	1,71	1,82	4,69	0
24-oct	2,32	1,82	4,69	0
25-oct	2,25	1,82	4,69	0
26-oct	2,96	1,82	4,69	0
27-oct	1,02	1,82	4,69	0
28-oct	1,14	1,82	4,69	0
29-oct	1,49	1,82	4,69	0
31-oct	2,88	1,82	4,69	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 55. Gráfico de rangos de absorción



Fuente: elaboración propia.

Los rangos representados en la figura 55, corresponden a las muestras de absorción tomadas durante el mes de octubre de 2017. En ellos se pueden observar diversas tendencias dentro del mismo gráfico, por ejemplo, del 5 al 12 de octubre los puntos toman forma de parábola, ello indica que la variabilidad entre los valores de las muestras se elevó, llegó a un punto máximo y nuevamente disminuyó, pudiéndose interpretar esto como un intento de corregir alguna posible causa identificada. Finalmente el siguiente punto que demanda atención es el 19 de octubre, este día representa un valor bajo en comparación con los demás rasgos muestrales, resultado de una leve diferencia entre el valor máximo y mínimo, lo que pone en manifiesto una pequeña variación considerada no usual en cuanto al promedio de rangos establece, más sin

embargo, el proceso de desempeño de la calidad de absorción de la harina bajo control.

4.2.3. Interpretación de gráficos

Es la razón de ser de los gráficos de control, y el procedimiento más importante y delicado para el control de las variables. Es realizar un diagnóstico de la consistencia de los datos consecutivos graficados y determinar si existe un comportamiento estable o inestable provocado por variaciones de la calidad del producto.

Existen múltiples causas que pueden dar lugar a circunstancias anormales, las cuales se pueden observar directamente del gráfico de control en un cambio repentino del promedio. Para una correcta interpretación de dichos gráficos es necesario que el personal a cargo se encuentre capacitado y que sea capaz de tomar acciones en cualquier momento con base en ellas.

Usualmente puede segmentarse la interpretación en las siguientes formas:

- Comportamientos cíclicos, por cambios periódicos en el ambiente.
- Tendencias, por la existencia de una causa que afecta de forma gradual al proceso.
- Abrazando la línea central y abrazando los límites de control, por mezclar las fuentes de los registros tomados.
- Inestabilidad, al existir puntos que caen fuera de los límites de control establecidos.

4.2.3.1. Incidencia de la etapa

Para la interpretación de los gráficos de control, se hace necesario buscar las causas del comportamiento de ciertos puntos que presentan una variabilidad notoria en comparación con el resto de los valores. Es justo en ese momento en donde se vinculan los resultados de los promedios del gráfico X con la incidencia que presentan las etapas clave definidas en este mismo trabajo de investigación en cada uno de los KPI respectivamente. De esta manera se logrará identificar la etapa problema y atacar sus más impactantes causas.

4.2.3.1.1. Proceso bajo control

Como se puede observar de los gráficos X para harina sin químico el KPI de humedad, gluten, almidón dañado el proceso se encuentra bajo control, esto se debe a la inexistencia de valores muestrales que sobrepasen los límites de control, ya sea superiores e inferiores, así también es el caso del KPI de absorción medido en la harina para empaque o harina fortificada.

El comportamiento de cada uno de los indicadores en sus gráficas correspondientes es considerado usual, se encuentran las causas analizadas para ciertos puntos que podrían comprometer el desempeño de la calidad de la harina no son consideradas alarmantes, es decir, que forman parte de las causas denominadas como muchas triviales y que no representan una amenaza para el control del indicador.

4.2.3.1.2. Proceso fuera de control

De los gráficos de medias realizadas, el gráfico correspondiente al contenido de cenizas mostrado en la figura 49 es el que presenta un punto que

sobrepasa el límite inferior, en ellos se manifiesta un proceso fuera de control, debido a alguna causa atribuible o fortuita que afecta el buen desempeño de la calidad en el contenido de cenizas de la harina para pan pizza.

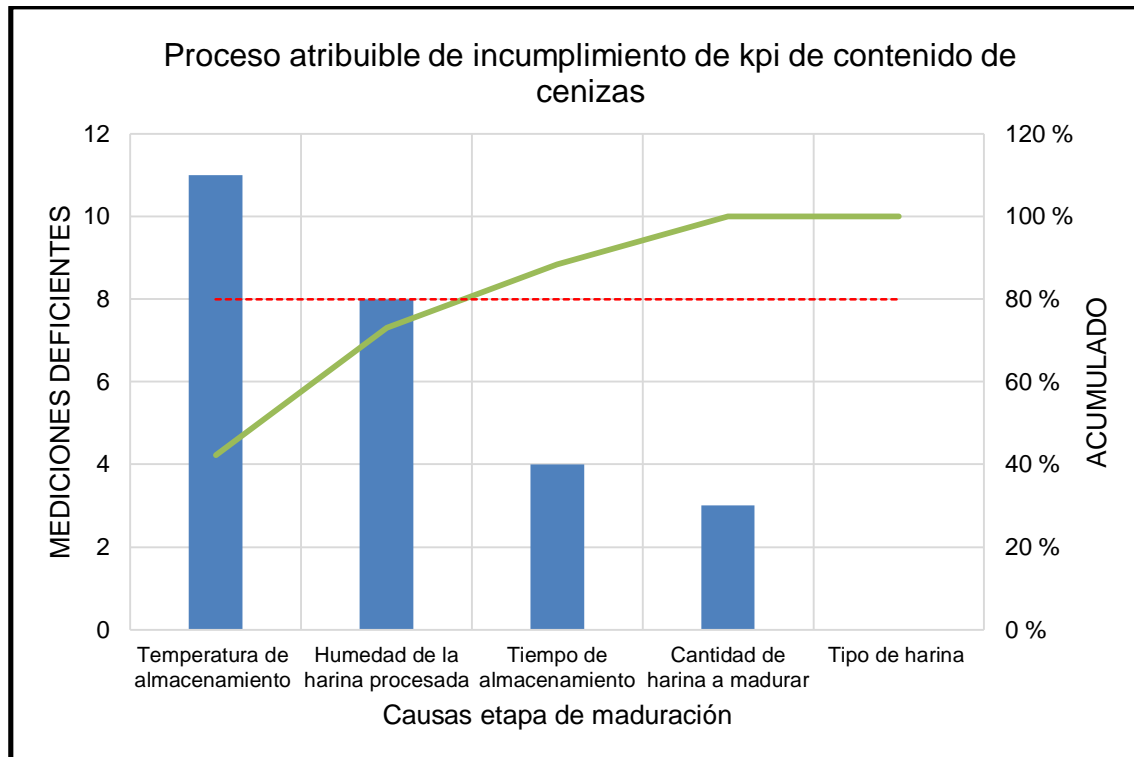
Dichas causas son evaluadas a continuación con la construcción de un Pareto y el apoyo de su interpretación. El punto de partida para identificar las posibles causas de esta deficiencia, es buscar dentro de las múltiples actividades de la etapa clave que incide directamente en el desempeño del contenido de cenizas y preparar un listado con las encontradas; como bien se sabe, en este mismo capítulo, se definió los KPI's que se medirán en cada etapa; las causas se rastrearán en la etapa de maduración y dosificación de ingredientes.

Tabla XXXII. **Causas rastreadas en la etapa de maduración**

Causa	Detalle del problema	Mediciones deficientes	Acumulado
Temperatura de almacenamiento	Silos viejos con paredes adelgazadas que provocan aumento de temperatura	11	42 %
Humedad de la harina procesada	Fallos constantes en estandarizar la humedad de la harina	8	73 %
Tiempo de almacenamiento	Aceleración del proceso de maduración incumpliendo el tiempo requerido de reposo	4	88 %
Cantidad de harina a madurar	Aceleración del proceso explotando la capacidad instalada	3	100 %
Tipo de harina	Pan pizza	0	100 %
Total		26	

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Pareto: causas atribuibles al incumplimiento del KPI de contenido de cenizas evaluadas en etapa de maduración**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 56, se presenta la gráfica de Pareto para la etapa de maduración, se observa que evidentemente existen dos problemas en especial que provocan los más importantes bajos desempeños en el contenido de cenizas. Realizando el análisis correspondiente, se puede concluir que la temperatura de almacenamiento y la humedad de la harina procesada provocan alrededor del 81% de los malos resultados para el KPI de contenido de cenizas. Siendo las demás causas consideradas como las muchas triviales.

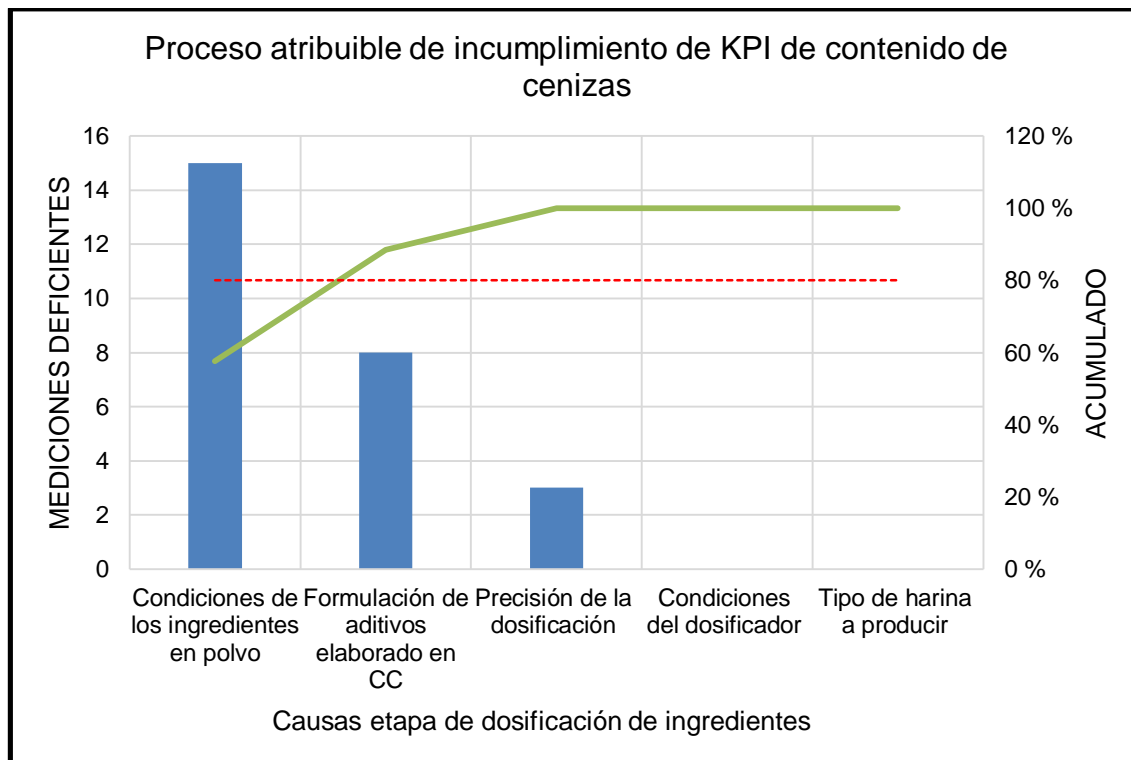
Es hasta ahora en donde se puede comenzar a enfocar esfuerzos para las correcciones necesarias en las actividades identificadas dentro de la etapa de maduración de la harina para pan pizza.

Tabla XXXIII. **Causas rastreadas en la etapa de dosificación de ingredientes**

Causa	Detalle del problema	Mediciones deficientes	Acumulado
Condiciones de los ingredientes en polvo.	Cambio de formulación por parte del proveedor en aditivo Volmax.	15	58 %
Formulación de aditivos elaborado en CC.	Consecuencia del cambio de formulación de Volmax no actualizada.	8	88 %
Precisión de la dosificación.	Falta de frecuencia en la actualización de la calibración.	3	100 %
Condiciones del dosificador.	Estable	0	100 %
Tipo de harina a producir .	Pan pizza	0	100 %
Total		26	

Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Pareto: causas atribuibles al incumplimiento del KPI de contenido de cenizas evaluadas en etapa de dosificación de ingredientes**



Fuente: elaboración propia.

Realizando el análisis del Pareto presentado en la figura 57, se observa que las condiciones de los ingredientes en polvo es la causa que provoca las deficiencias más importantes en el desempeño del indicador de contenido de cenizas en la harina para pan pizza. Esta única causa es la responsable del 89 % de los bajos resultados del KPI mencionado, esto es de suma importancia mantener bajo observancia las actividades desarrolladas en la etapa de Dosificación de Ingredientes y comenzar las acciones correctivas que permitan

la mejora del desempeño del indicador de contenido de cenizas y con éste la calidad de la harina.

Con el claro conocimiento de las causas identificadas dentro de dos etapas clave del proceso de producción, es posible determinar la razón del proceso fuera de control que se observa en la figura 49, gráfico de promedios de contenido de cenizas; ambas etapas deben ser objetivo de control riguroso y en especial las tareas que comprometen la calidad final del producto, y entre ellas, la de mayor impacto, sobre el cambio de formulación por parte del proveedor en el aditivo Volmax, es el empleado para otorgarle las condiciones de crecimiento a la harina. Esta principal causa se dio en la etapa de Dosificación de ingredientes por lo que se debe enfocar esfuerzos en fomentar una clara comunicación con los proveedores para que éstos informen sobre cualquier cambio en la formulación de sus productos.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Involucramiento de empleados

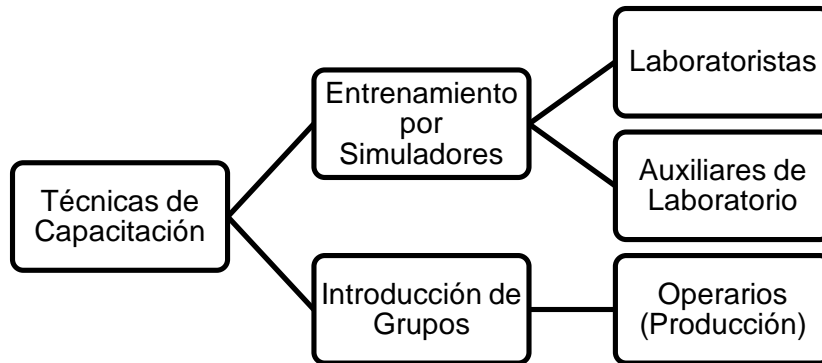
Es una de las acciones que provocarán los mayores y más importantes cambios en el control de los indicadores de calidad de la harina, el recurso humano tiene participación directa en los procesos para obtener buenos resultados en la calidad.

5.1.1. Capacitaciones para la correcta interpretación de los gráficos de control

La capacitación tiene altos beneficios para la organización como tal y numerables ventajas para el aprendizaje y desarrollo personal y profesional de los empleados. Su principal objetivo es difundir el conocimiento y que su práctica se generaliza en todas las áreas de interés para su control. Cabe mencionar que para efectos a corto plazo se debe iniciar lo más pronto y ser constante al momento de impartir los métodos seleccionados como apropiados para capacitar al personal.

De acuerdo a las necesidades de Molsa Guatemala, es necesario evaluar la metodología que se ajusta a cada grupo de trabajadores, para así, obtener el máximo provecho de la capacitación. Actualmente, existen diversas técnicas de capacitación, embargo, para efectos útiles en el personal de Molsa, Guatemala, se proponen las siguientes:

Figura 58. **Técnicas de capacitación para personal involucrado**



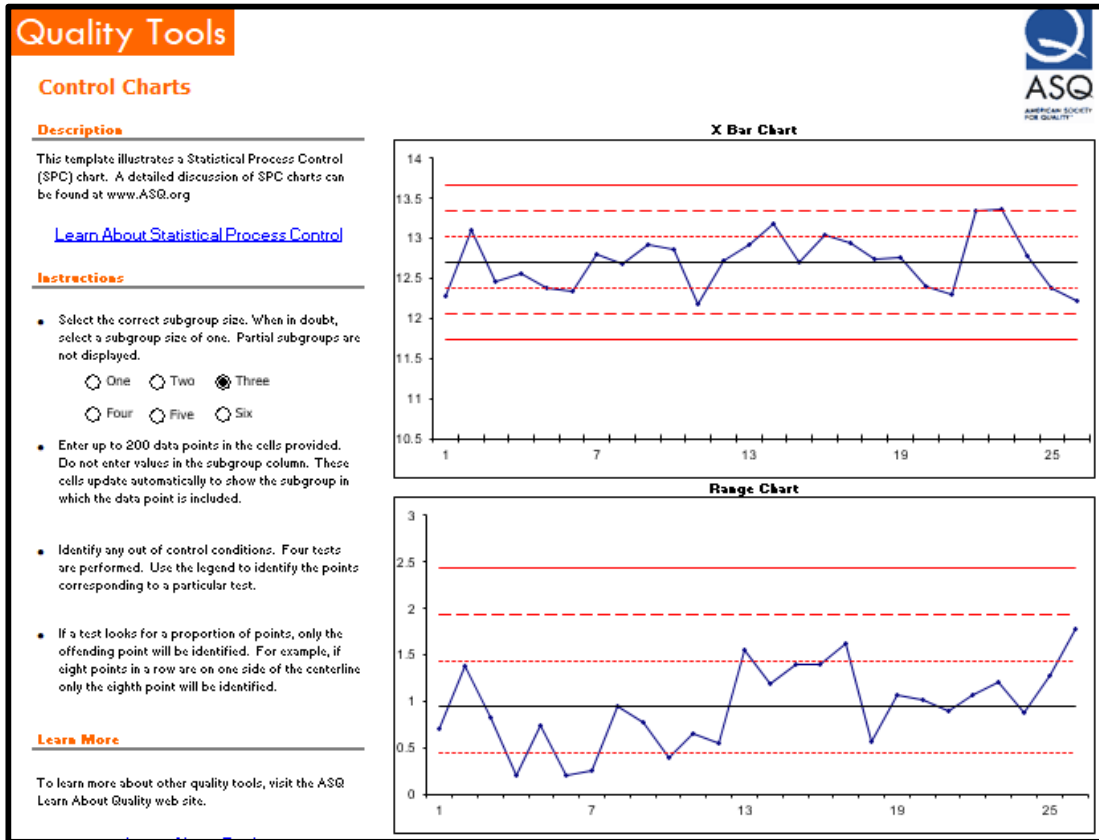
Fuente: elaboración propia.

- **Entrenamiento por Simuladores:** Esta técnica se ajusta tanto a las necesidades de personal como a la capacidad económica de Molsa, Guatemala; el personal cuenta con las habilidades y la preparación que requiere este método, ello será de máximo provecho para enfocar esfuerzos en la mejora continua de la calidad de la harina.

Para desarrollar dicha técnica se sugiere como simuladores a la plantilla disponible vía electrónica en la Sociedad Americana de Calidad (American Society for Quality, ASQ) siendo ésta una herramienta de calidad ejecutable en Microsoft Excel, en donde se ilustra un control estadístico del proceso, en donde el usuario únicamente debe introducir en la tabla presentada, los datos recolectados a medir, siendo para este caso, los registros hechos por parte del laboratorista en la Hoja de Inspección Molsa, Guatemala, que se muestra en la figura 44 y de esta forma, automáticamente se mostrarán los resultados, así como lo más importante que es la construcción de los gráficos de control.

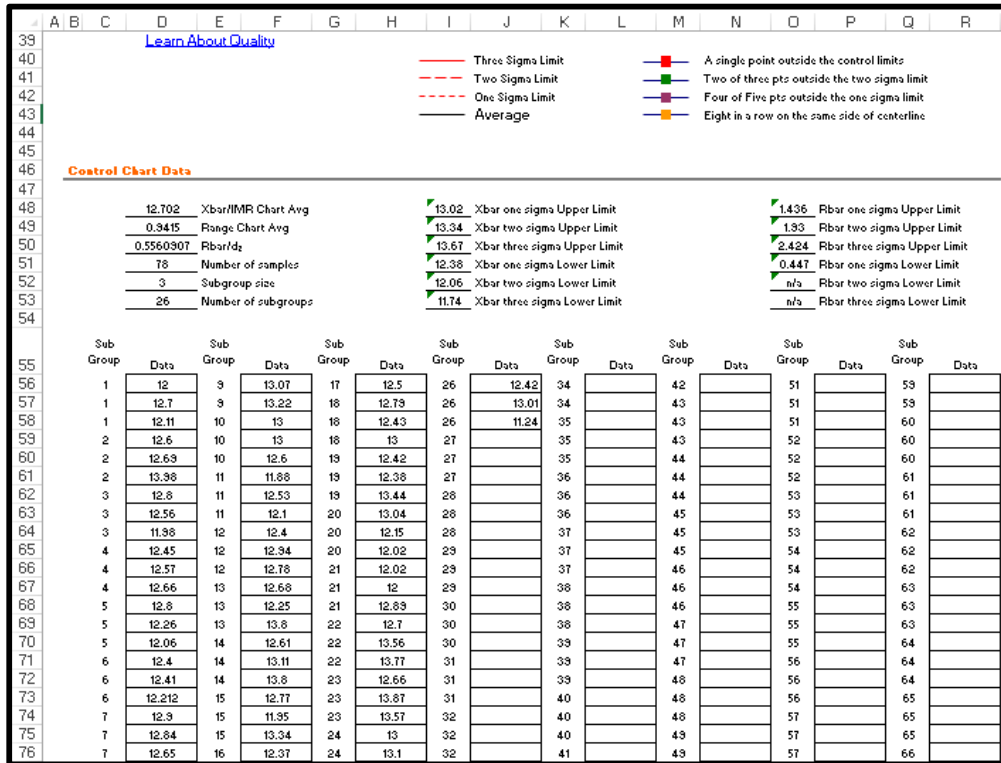
En la siguiente figura se muestra la interfaz de la plantilla de ASQ.

Figura 59. Interfaz de la plantilla ASQ



Fuente: ASQ Quality Tools. <https://asq.org/>. Consulta: 19 de enero de 2018.

Figura 60. Interfaz parte dos de la planilla ASQ



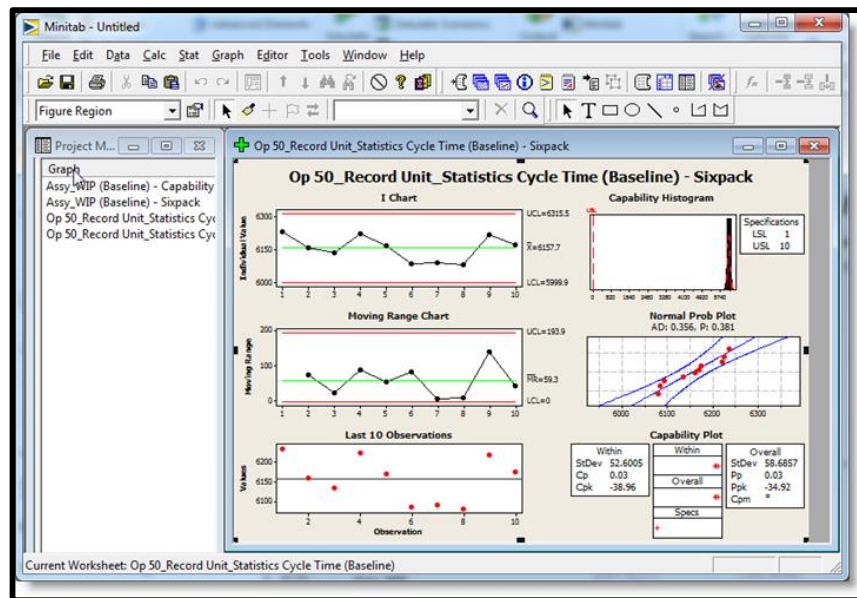
Fuente: ASQ Quality Tools. <https://asq.org/>. Consulta: 19 de enero de 2018.

Para la resolución de cualquier duda, es posible hacerlo siguiendo las instrucciones adjuntas en la Hoja 2 del mismo libro de la plantilla ASQ, además de útiles recomendaciones para su correcto uso y máximo aprovechamiento, sin olvidar el importante beneficio de orientar la interpretación de resultados.

Adicionalmente, se propone el uso y capacitación del programa de computadora llamado Minitab, con este programa es posible elegir entre las versiones más actualizadas. Dicho programa posee amplias herramientas para el análisis estadístico de cualquier proceso; esto permitirá trabajar con funciones estadísticas básicas y avanzadas, teniendo como base, Microsoft

Excel, lo que hace más fácil su comprensión y uso. Minitab, por sus atribuciones es efectivamente empleado en la metodología de seis sigma, por lo que sus funciones se ajustan de forma precisa a la necesidad de comprender e interpretar de una forma fácil y rápida el comportamiento de los gráficos de control.

Figura 61. Interfaz programa Minitab



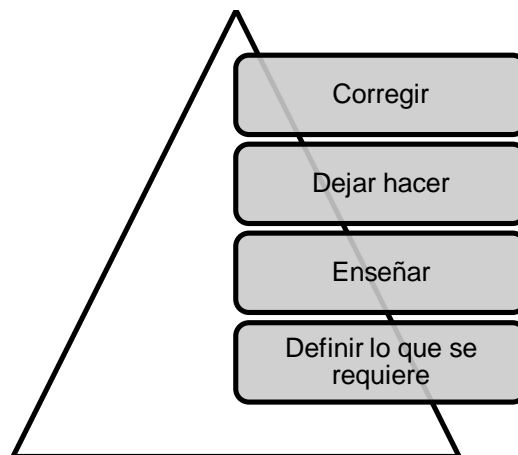
Fuente: Interfaz Minitab 2013.

La Capacitación por competencias y la introducción de grupos, es una técnica en donde el expositor organiza el proceso de enseñanza-aprendizaje en cuatro fases: introducción del tema; desarrollo del contenido; recapitulación, con base en preguntas a los participantes, y evaluación final para medir la calidad del expositor y el grado de asimilación de los contenidos por los participantes. La administración del tiempo es crucial en la introducción de grupos, ya que todo el proceso dura no más de una hora, por lo general. Por esta razón esta técnica suele usar intensivamente recursos didácticos de apoyo.¹³

¹³ MARTÍNEZ, Eduardo. Principios y Métodos. *Capacitación por competencia*. p. 111.

Con base en la definición, se realiza la propuesta para desarrollar dicha técnica de capacitación, esto permite la explicación de lo general, a lo específico con la ventaja de recapitulación y evaluación para dar a conocer la efectividad de la metodología. La forma de ejecutar la introducción de grupos, permite que los operarios de Molsa Guatemala, puedan desarrollar la habilidad de toma de decisiones y realizar en cualquier momento un aporte para fomentar la práctica de la mejora continua.

Figura 62. **Ciclo de la capacitación por Introducción de grupos**

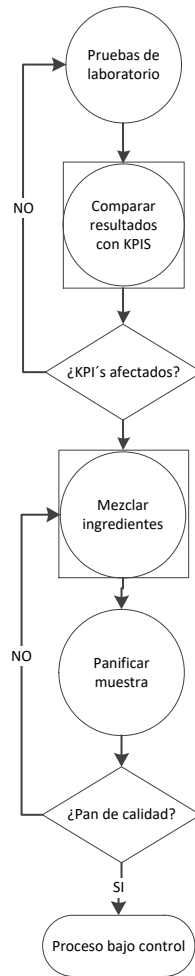


Fuente: HT Consultia. *Método de enfoque*. <http://htconsultia.com/me-todo-de-enfoque>. Consulta: 19 de enero de 2018.

A continuación, se muestra un diagrama que permite visualizar de forma general la manera de llevar a cabo un control del proceso e incidencias para tomar la decisión de desarrollar o actualizar el control estadístico del proceso.

Figura 63. Diagrama de decisión para el proceso de control de KPI's

Molsa, Guatemala			
Diagrama de flujo de decisión para el control de KPI's			
Proceso	Control de indicadores	Fecha de elaboración:	10/2017
Área	Control de Calidad		
Elaborado por	Mónica Zamora		



Resumen		
Símbolo	Nombre	Cantidad
○	Operación	2
◻	Inspección y Operación	2
◇	Decisión	2
◌	Fin	1
Total		7

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

5.2. Control de recepción de materia prima

El estricto seguimiento de los materiales directos empleados para la fabricación de harina destinada a la panificación, tendrá múltiples ventajas, entre ellas tiempo de fabricación, producto de la más alta calidad, procesos bajo control, indicadores con el desempeño deseado, y en fin, la reducción de reprocesos debido a causas prematuras como lo es la recepción de materia prima. Para ello, se recurre a la construcción o actualización de los Manuales de Buenas Prácticas de Manufactura.

Dichos manuales describen la forma correcta de manipular todos los elementos que intervienen durante todo el proceso de producción; se trata de un producto alimenticio destinado al consumo humano; todos los involucrados deben conocer de forma clara el procedimiento que permitirá un control riguroso en consecución de lograr la calidad total. Las consideraciones mínimas que deben quedar estipuladas de forma escrita y clara en dichos manuales son las siguientes:

- Objetivos
- Alcance
- Responsabilidades
- Diagrama de flujo del proceso de control
- Especificaciones

5.2.1. Granos de trigo

A continuación, se presenta el manual para el control en la recepción de materia prima:

Tabla XXXIV. **Manual para el control en la recepción de materia prima**

- **OBJETIVO**
Verificar las condiciones, características y especificaciones de los nuevos lotes de granos de trigo que ingresan a la planta Molsa Guatemala.
 - **ALCANCE**
Todos los lotes de trigo a granel que ingrese para ser utilizado en la producción de harinas.
 - **RESPONSABLES**
 - Jefe de control de calidad
 - Laboratoristas
 - Molineros
 - **RESPONSABILIDADES**
 - **RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA**
 - Se procede a pesar los granos de trigo a la llegada de éstos a los centros de almacenamiento.
 - Sujeto a las condiciones de entrega establecidas por Molsa Guatemala, es decir, productos presentados a granel empleando un sistema de transporte terrestre, se procede a comprobar el peso mediante básculas de vehículos.
 - Calcular la diferencia entre el peso de los vehículos a la entrada y a la salida de los centros de almacenamiento.
 - El señor molinero se encargará de tomar una muestra representativa de la masa del producto en estado de reposo, es decir en un camión, para realizar después sobre tal muestra los análisis pertinentes.
 - **DETERMINACIÓN DE IMPUREZAS**
 - Se procede separando los granos sanos de las impurezas por selección visual y cribado. A continuación, se clasifican y pesan las impurezas mediante una balanza.
 - La relación, expresada en porcentaje, entre el peso de las impurezas y el peso de la muestra constituye la tasa de impurezas del lote de granos analizado.
 - **CONTROL DE HUMEDAD**
 - La muestra es pesada primero en una balanza de precisión, se seca en una estufa, y posteriormente se pesa de nuevo.
 - La diferencia de peso antes y después del secado determina la cantidad de humedad contenida en la muestra.
- Finalmente, antes del almacenamiento y durante el mismo, ayuda a decidir respecto a las condiciones de colocación y a apreciar el estado de conservación y trato de los granos recibidos.

Continuación de la tabla XXXIV:

Diagrama de flujo (ver anexo 1)	
• ESPECIFICACIONES	
Especificación de impurezas	
Nombre	Procedencia
Restos vegetales	Paja, hojas
Elementos minerales	Tierra, arena
Elementos diversos	Partículas metálicas, trozos de madera.
Granos extraños	Trigo
Granos inmaduros	Trigo
Granos germinados	Trigo
Granos quebrados	Trigo
Granos dañados	Por insectos y/o roedores
Granos averiados, enmohecidos o de coloración anormal.	Trigo

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Aditivos**

<ul style="list-style-type: none"> • OBJETIVO Verificar las condiciones, características y especificaciones de los nuevos lotes de aditivos que ingresan a la planta MOLSA, Guatemala. • ALCANCE Todos los aditivos que ingresen para ser utilizados en la producción de harinas. • RESPONSABILIDADES <ul style="list-style-type: none"> ○ ENCARGADO DE BODEGA DE ADITIVOS Y EMPAQUE: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Avisará a personal de control de calidad al recibir el producto, elaborando el reporte de inspección correspondiente. Si detectara alguna anomalía en la inspección la realizará en conjunto con personal de control de calidad. ▪ Tomará muestras para análisis ▪ Revisará la limpieza y condiciones del transporte por donde viajan los aditivos hasta llegar a las instalaciones de MOLSA, Guatemala. ▪ Verificará que el empaque del aditivo contenga la siguiente impresión: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fecha de producción ✓ Fecha de vencimiento ✓ Número de lote ▪ Revisará en los aditivos <ul style="list-style-type: none"> ✓ Color y olor ✓ Presencia de grumos ✓ Partículas extrañas ✓ Infestación ▪ Solicitará al transportista el certificado de análisis y revisará que la fecha de producción, fecha de vencimiento y número de lote del aditivo corresponda con la impresión que trae el empaque. ▪ Rotulará los aditivos recibidos de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Con viñeta verde autodherible el producto que cumpla con las condiciones para ser utilizado. ✓ Con viñeta anaranjada, los productos que están en espera de aprobación para su uso por parte de control de calidad. ✓ Con viñeta roja, los productos que están rechazados y no podrán ser utilizados en la producción de harinas. ▪ Anotará en viñeta verde autodherible y colocará en la tarima del aditivo, el carril o sector de la bodega donde se encuentra: existencias, número de lote y fecha de producción. ▪ Entregará cuando le sea solicitado los aditivos dándole prioridad a la fecha de vencimiento o fecha de ingreso, de acuerdo al registro de control de inventarios PEPS (primeras entradas, primeras salidas). ▪ Notificará a los usuarios cuando exista cambio de lote en los aditivos que está entregando, para que tomen las precauciones correspondientes y no deberá hacer entregas en que intervengan dos o más lotes sin conocimiento de los mismo.

Continuación de la tabla XXXV.

<ul style="list-style-type: none">○ PERSONAL DE CONTROL DE CALIDAD<ul style="list-style-type: none">▪ Emitirá el reporte de aceptación o desaprobación del aditivo, enviando copias del mismo al jefe molinero y al encargado de bodega de aditivos.▪ Realizará el análisis de laboratorio. <p style="text-align: center;">DIAGRAMA DE FLUJO (ver anexo 2)</p> <ul style="list-style-type: none">• ESPECIFICACIONES:<ul style="list-style-type: none">○ Las especificaciones de aditivos se les envían a los proveedores.○ Posteriormente, hacen llegar las especificaciones que manejan en la fabricación de los aditivos que proporcionan. <p>Estas especificaciones deberán ser revisadas y actualizadas.</p>
--

Fuente: elaboración propia.

5.3. Análisis de control de calidad

El laboratorio de control de calidad en ocasiones tiene la necesidad de corroborar sus resultados; a continuación, se presentan las opciones a las cuales puede recurrir.

5.3.1. Pruebas de laboratorios externos

Cuando un laboratorio subcontrate un trabajo, ya sea debido a circunstancias no previstas (por ejemplo, carga de trabajo, necesidad de conocimientos técnicos adicionales o incapacidad temporal), o en forma continua (por ejemplo, por subcontratación permanente, convenios con agencias o licencias), se debe encargar este trabajo a un laboratorio subcontratado competente. Un laboratorio subcontratado competente es el que, por ejemplo, cumple esta Norma para el trabajo en cuestión.¹⁴

¹⁴ Normas, C. G. COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005. *Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración*. p. 12.

5.3.1.1. Cotizaciones


Los laboratorios que ofrecen el servicio de análisis o pruebas físico-químicas en alimentos son INLASA y DSG Laboratorio. A continuación, se muestran los análisis solicitados disponibles y los costos por cada uno.

Figura 64. Cotización INLASA

		INLASA, S.A. 29 Calle 19-11 Zona 12 Teléfonos: 24761795, 24760337 Fax: 24769349 E-mail: serviciocliente@inlasa www.inlasa.com		Código: F-ADM-04 No. Cotización 13,753		
Fecha	22/01/2018 15:47:00	Elaborado Por	jenni			
Cliente	Molsa Guatemala, S.A.	Vendedor	Jennifer Waleska Chapas Perei			
Nit	2534855-8	Email				
Atención	MONICA ZAMORA	Tipo Moneda	QUETZALES			
Dirección	Km. 17.5 Carretera al pacifico, Bárcena Villa Nueva					
Telefono	6620-9000					
Descripción	HARINA. PESO DE MUESTRA: 1 KILO					
Observaciones	FORMA DE PAGO: 75% ANTICIPO Y 25% CONTRA ENTREGA DE RESULTADOS					
Código	Descripción	Metodología	Días Entrega	Cantidad	Precio	Total
Físicoquímico						
FQCE	Cenizas	No Aplica	10	1	135.63	135.63
FQHU	Humedad	No Aplica	10	1	135.63	135.63
FQTRAZAGLUTEN	Trazas de Gluten	No Aplica	15	1	550.00	550.00

Fuente: cotización propia solicitada a personal INLASA.

Figura 65. Cotización DSG laboratorio

	ANALISIS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS PARA LA INDUSTRIA 31 av 0-56 zona 7 Colonia Utatlán 1		R03-PGC002		
	COTIZACION DE SERVICIOS				
		No.		20180108	
Lugar y fecha	Guatemala, 23/01/2018				
Dirigido a:	Monica Zamora				
Empresa:	Molsa				
Dirección:	Km.17.5 Camino a Barceñas				
Teléfono	66365797				
e-mail	monicabzam@gmial.com				
Matriz: Harina					
CODIGO	SERVICIO	CANTIDAD	PRECIO Q	TOTAL Q	
	Humedad	1	Q 95.00	Q 95.00	
	Gluten	1	Q 650.00	Q 650.00	
	Ceniza	1	Q 115.00	Q 115.00	
	Absorción de agua	1	Q 375.00	Q 375.00	
OBSERVACIONES				TOTAL U\$D	Q 1,235.00

Fuente: cotización propia, solicitada a personal de DSG Laboratorio.

5.3.1.2. Frecuencia

La frecuencia de las realizaciones de pruebas externas dependerá de las condiciones en las que se encuentre el laboratorio al momento de evaluar dicha opción. Dentro de las posibilidades de subcontratar se pueden mencionar las estipuladas como ejemplo en la Norma COGUANOR NTG/ ISO/IEC 17 025 en el numeral 4.5.1.

Usualmente se hace una clasificación de los equipos e instrumentos en críticos y no críticos de acuerdo al criterio de los encargados de los

laboratoristas, auxiliares de laboratorio y el jefe de control de calidad en donde para cada clasificación se le asigna un intervalo de tiempo según su criticidad; a continuación se muestra un ejemplo.

Figura 66. **Periodos para a frecuencia de calibración**

	Instrumentos críticos	Instrumentos no críticos
Cada dos años	5 %	30 %
Cada año	55 %	55 %
Dos veces al año	40 %	15 %

Fuente: XVIII Imeko World Congress. *Metrology for a sustainable development*.

http://www.isobudgets.com/pdf/calibration-interval-analysis/frequency-of-calibration.pdf?utm_source=blog&utm_campaign=calibracion-farmaceutica&utm_medium=link.

Consulta: 22 de enero de 2018.

5.4. **Control de maquinaria y equipo de laboratorio**

El departamento de producción debe velar por el cumplimiento de un buen mantenimiento preventivo y evitar de esta manera el correctivo. También en el laboratorio que debe ser constante en la calibración de sus equipos.

5.4.1. **Calibración**

Las calibraciones se realizan de forma interna en las instalaciones del Laboratorio de Control de Calidad por parte de los laboratoristas, y para ciertos equipos existe un cronograma de calibraciones, las cuales se realizan por parte

de personal técnico enviado por los proveedores de dichos equipos de medición.

Es importante que la calibración se ejecute de forma correcta y bajo procesos estandarizados, es por eso que aquí se da a conocer la institución que tiene a su cargo dicha tarea a nivel gubernamental y es el Centro Nacional de Metrología del Ministerio de Economía (CENAME).

El CENAME ofrece los servicios de calibración empleando la trazabilidad a través de los patrones con los que cuenta dicha institución además de estar basados en el Sistema de Gestión implementado en cada laboratorio. Dentro de los servicios de calibración que brindan se pueden mencionar las siguientes magnitudes:

- Magnitud de masas
- Magnitud de temperatura
- Magnitud de volumen

En cualquiera de los servicios enlistados se requiere que la entrega de los instrumentos que desee calibrar a las instalaciones del CENAME, debe programarse y confirmarse con anticipación, al igual que la salida de los instrumentos de retorno a las instalaciones del laboratorio del cliente debe seguir estrictamente la programación acordada y ajustarse a las recomendaciones estipuladas.

5.4.2. Mantenimiento preventivo

La elaboración de un manual es la herramienta ideal para el control y registro de las actividades rutinarias programadas para prolongar la vida útil y el máximo provecho de la maquinaria que conforma el molino destinado a la transformación de los granos de trigo en harina para la panificación.

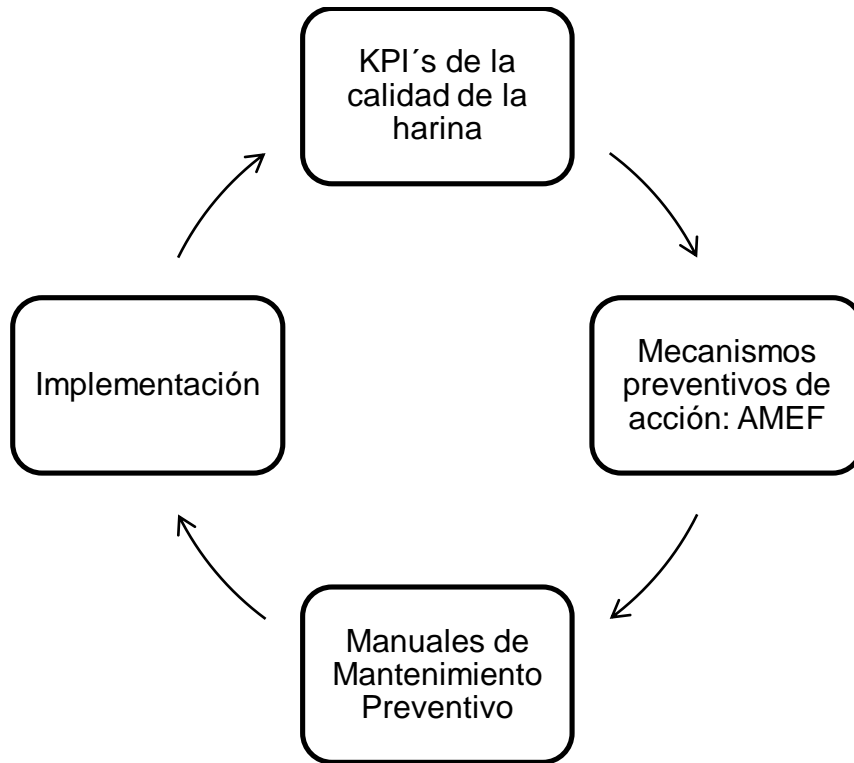
Para la creación de un manual actualizado es importante la recolección de datos de los elementos, equipos, máquinas y herramientas que intervienen, y es por ello que se propone para el caso la práctica del Método Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF).

“AMEF es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema para priorizarlos y poder concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta”¹⁵

Es una metodología que propone múltiples ventajas en diferentes áreas de interés, siendo para este caso una propuesta como mecanismo de acción preventivo en el diagnóstico y la implementación de una mejora continua. Surge la necesidad de implementarlo al activar el interés por el desempeño de los indicadores de calidad de la harina, es decir, cuando se requiere prevenir la generación de problemas.

¹⁵ AMEF, Análisis de Modo y Efecto de la Falla. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Consulta: 5 de diciembre de 2017.

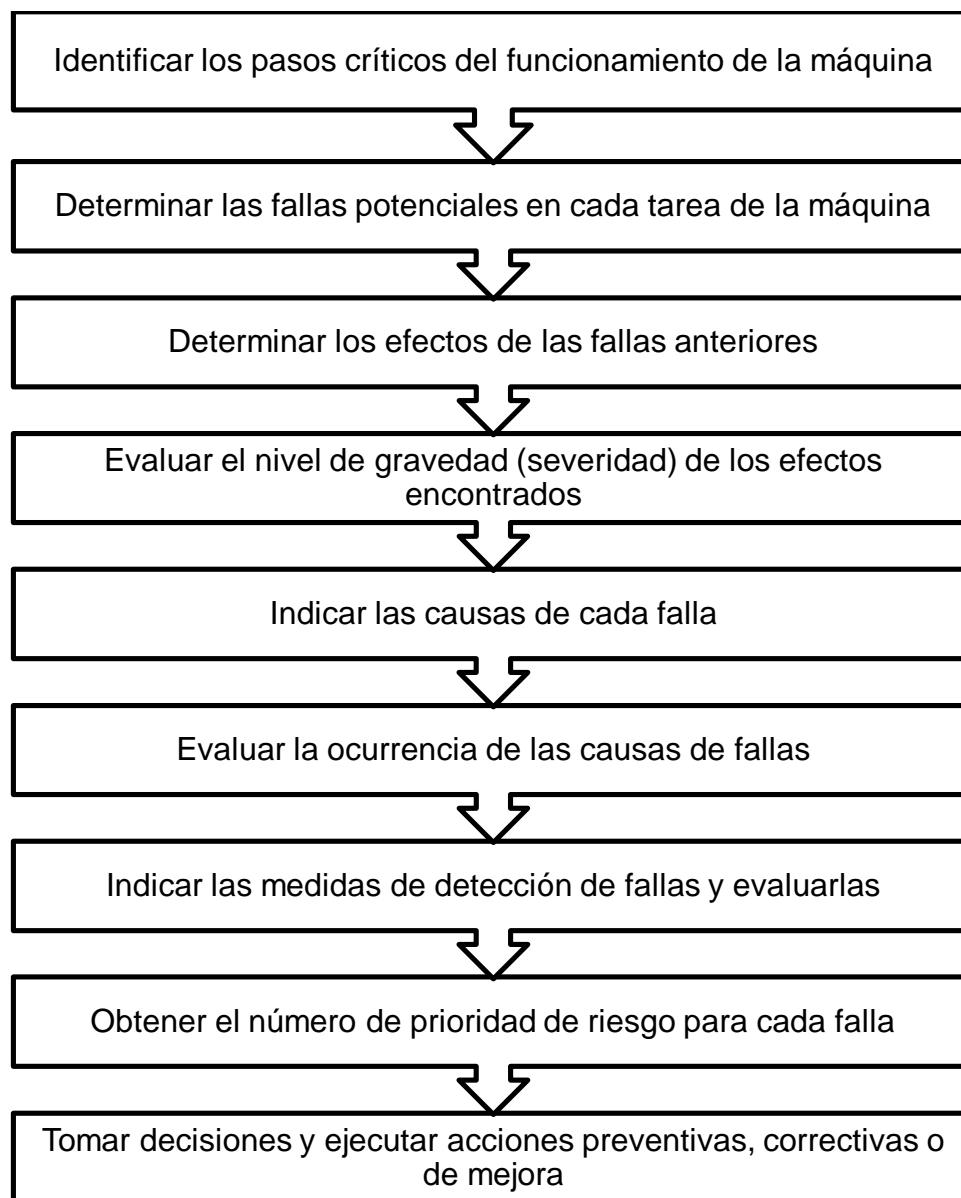
Figura 67. **Etapas del método AMEF**



Fuente: elaboración propia.

Los requisitos para ejecutar un AMEF radican en la necesidad de un análisis de riesgos, en este caso, enfocado al buen funcionamiento de la maquinaria. Con el objetivo de conocer dichos requisitos, se muestra a continuación, en la figura 68, los pasos a seguir para su desarrollo.

Figura 68. **Pasos para el desarrollo de un AMEF**



Fuente: elaboración propia.

De forma resumida y clara se describe a continuación el desarrollo de cada uno de los pasos, aplicados para su funcionalidad, a la maquinaria harinera.

En el paso uno se identifican las etapas críticas para el funcionamiento de la máquina. Considerar básicamente las fallas potenciales, las cuales pueden clasificarse en tres importantes categorías, siendo la primera el factor salud, seguidamente pueden considerarse factores relacionados con la calidad y finalmente los relacionados con la disponibilidad.

Continuando con el paso dos, se determinan las fallas potenciales en cada tarea de la máquina. Analizar los datos históricos, así como identificar con apoyo de los operarios o encargados todas las fallas que pudieran ocurrir en su funcionamiento, con la finalidad de registrar las fallas antiguas y posibles futuras.

En el paso tres se determinan los efectos de las fallas anteriores. Enlistar todos los impactos en el proceso siguiente o en el producto de salida. Se da cuando el modo de falla se materializa.

En el paso cuatro se evalúa el nivel de gravedad de los efectos encontrados. Es conveniente emplear un criterio para definir los efectos y una calificación para determinar la severidad de la falla, en función de si afecta al cliente o al proceso.

En la siguiente figura se presenta un ejemplo del paso cuatro, en donde se establecen criterios de acuerdo a las necesidades que se tengan para luego otorgarles una calificación con base en la gravedad del efecto.

Figura 69. **Ejemplo de evaluación de gravedad de los efectos**

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Cualitativa	Efecto en el cliente	Efecto en el proceso
1	Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador.
2	Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por clientes críticos (25%)	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.

Fuente: *Ingeniería industrial online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

Consulta: 22 de enero de 2018.

En el paso cinco y seis se indican las causas de cada falla. Evaluar la ocurrencia de las causas de fallas, relacionando las causas atribuibles a cada falla identificada en el paso anterior. Adicionalmente, se debe evaluar la ocurrencia de las fallas.

Figura 70. **Ejemplo de asociación de causas a fallas y su ocurrencia**


Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia
6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4
3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5

Fuente: *Ingeniería industrial online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

Consulta: 22 de enero de 2018.

Continuando con el paso siete, se indican las medidas de detección de fallas y evaluarlas. Dar conocer el método actual empleado para el control de las detecciones de fallas y otorgarle una calificación bajo criterio lógico en función de la capacidad o sensibilidad que dicho método presenta para considerar su actualización correspondiente.

Figura 71. Lista de chequeo de maquinaria

 MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAQUINARIA LISTA DE CHEQUEO		
NOMBRE DEL EQUIPO:	_____	
UBICACIÓN:	_____	
FECHA:	_____	
TIPO DE SOLUCIÓN:	_____	
PUNTOS A REVISAR	FUNCIONAMIENTO	
	Bueno	Deficiente
Arranque de la maquinaria o equipo		
Niveles de aceite		
Niveles de lubricación		
Niveles de temperatura general		
Niveles de ruido		
Niveles de vibración		
Ruidos extraños		
Estado general de cojinetes		
Estado general de fajas		
Temperatura del motor		
Otras observaciones:	_____	

RESPONSABLE:	(F): _____ Mecánico Mantenimiento	
VERIFICADO POR:	(F): _____	

Fuente: Control de Calidad Molsa, Guatemala. *Programa de mantenimiento preventivo.*

En la figura 71 se muestra el método actual empleado por Molsa Guatemala para el control del funcionamiento la cual busca un mantenimiento preventivo oportuno. En la medida que renueven las máquinas que conforman el molino, deberá ser actualizado dicho formato de registro, al igual que la frecuencia de control.

En el paso ocho, se obtiene el Número de Prioridad de Riesgo (RPN), para cada falla. Resulta del producto de multiplicar la severidad del paso cinco, la ocurrencia del paso seis, y la detección del paso siete. El rango bajo que resulta del RPN es un número entre 1 y 1000 y obliga a enfocar esfuerzos en todos aquellos resultados mayores a 100 para que sean causas a eliminar.

A continuación se detalla la ecuación para determinar el RPN:

$$RPN = \text{calif. de severidad} * \# \text{ de ocurrencia} * \text{Calif. de detección}$$

Por último, en el paso nueve, se toman decisiones y ejecutan acciones preventivas, correctivas o de mejora. Con toda la información relevante recaudada para este paso el equipo AMEF deberá ejecutarse y establecer acciones que solventarán las fallas, asignar a los responsables por cada acción; también, la frecuencia de acción, sin olvidar registrar las tareas ya desarrolladas hasta la fecha de revisión.

Figura 72. Ejemplo de prioridad al RPN para la toma de decisiones

Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	RPN
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4	Inspección simultánea con la operación.	3	72
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5	Inspección simultánea con la operación.	3	45
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	3	72
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización	6	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	5	150

Fuente: *Ingeniería industrial online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>.

Consulta: 22 de enero de 2018.

CONCLUSIONES

1. Mediante el recorrido por el molino de Molsa Guatemala, se conoció a detalle el proceso de producción de harina. Se dividió el proceso de producción en dos operaciones secuenciales, las operaciones previas a la molienda y el proceso de molienda. Adicionalmente se concluye que debido al proceso de repetidas molturaciones, el proceso de producción de harina es de secuencia vertical, donde el subproducto sube y baja hasta convertirse en harina fina.
2. En cuanto a la situación analizada de los KPI's de la calidad de la harina, con el apoyo de un gráfico de comparación, se observó que efectivamente existen variaciones entre los indicadores establecidos por el Departamento de Control de Calidad y los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio. Se identificó las variaciones más importantes para iniciar con la búsqueda de las causas atribuibles a dicho comportamiento.
3. Se determinó, mediante un ciclo de trazabilidad, las etapas clave de producción, empezando por las operaciones preparativas, siendo el pesado, mezcla y acondicionamiento de los granos, como actividades propias del proceso de transformación, como la maduración, molienda y dosificación de ingredientes, y la etapa de panificación; esto para presentar la incidencia de las operaciones en los indicadores de gluten, humedad, almidón, cenizas y absorción, respectivamente, que afectan su desempeño y la calidad de la harina.

4. Se identificó la influencia sobre los KPI's por parte del recurso humano, especialmente operarios para lograr una correcta ejecución de las operaciones de la producción e interacción con maquinaria, así como el expertise de los laboratoristas para la realización de análisis e interpretación de las pruebas de calidad obtenidas en el laboratorio.
5. El desarrollo de un control estadístico del proceso, permitió conocer el desempeño de los KPI's de la calidad de la harina durante un tiempo determinado y establecido, que el contenido de cenizas presentaba inconformidades en sus resultados; esto refirió a la revisión de las etapas de maduración y dosificación de ingredientes, para definir con la ayuda de un diagrama de Pareto las tareas que provocaban la mayoría de inconformidades.
6. En la propuesta de una mejora continua para el control de los indicadores afectados se crearon manuales para el control en la recepción de materia prima, se planteó el uso de simuladores de gráficos de control como Minitab y la plantilla de ASQ para facilitar la comprensión del comportamiento de los indicadores y en cuanto al mantenimiento preventivo de la maquinaria, se dio a conocer el Método Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF), para facilitar la forma de identificar fallos en máquinas.

RECOMENDACIONES

1. El Supervisor de Producción debe velar por que todas las personas que ingresen a la planta, desde el personal a su cargo hasta visitantes, siga las normas de seguridad que se observan en la entrada de la planta y práctica de las buenas prácticas de manufactura.
2. Se sugiere al jefe del departamento de producción el uso de gráficas comparativas, la capacitación al personal de producción debido a que permiten visualizar de forma fácil e inmediata el comportamiento de los KPI's en un momento dado y compararlos con los KPI's establecidos en Control de Calidad.
3. Es necesario que el departamento de control de calidad programe y ejecute periódicamente simulacros de trazabilidad del proceso de producción de la harina, para facilitar la localización de la etapa problema y profundizar en el rastreo de las actividades hasta lograr la identificación de las causas atribuibles a los fallos de los KPI's, adicionalmente permite ahorrar el recurso del tiempo y adquirir práctica para cuando la situación amerite una reacción pronta.
4. Es importante recordar que las etapas de producción, en su mayoría son automatizadas, más sin embargo, cabe mencionar que el molino trabaja las 24 horas, 6 días a la semana y que existen ciertas tareas que son atribuciones específicas del recurso humano, y se recomienda que tanto el jefe de control de calidad y Producción que planifiquen los turnos con anticipación para no sobrecargar de trabajo a los empleados, y a la vez

que apoyen y verifiquen los resultados obtenidos por laboratoristas y operarios.

5. Los Supervisores del departamento de producción y asistentes de control de calidad deben velar, al momento de obtener un KPI con un bajo desempeño, que cualquiera de los operarios y laboratoristas sean capaces de identificarlo en el gráfico de control correspondiente, hacerlo saber al personal involucrado y dar referencia de cuál puede ser la posible causa del problema, con el apoyo del conocimiento de las etapas e indicadores relacionados. Para que la participación de los más involucrados logre la pronta localización de la falla y se apliquen las acciones correctivas correspondientes.
6. Para lograr ampliar la toma de datos, es necesario reducir los tiempos de registros, pudiendo efectuar turnos dentro de cada periodo en una misma jornada, para evitar la fatiga de un solo trabajador y con ello disminuir la baja productividad del personal. El supervisor y jefe de producción deben trabajar en conjunto para procurar el máximo provecho que aportan los gráficos de control y el óptimo manejo de los simuladores por parte de los empleados.
7. Al departamento de contabilidad se le recomienda elaborar un presupuesto para asfaltar por sectores el piso de la planta externa. El ingreso de los camiones ha dañado la entrada entre otros sectores, y representa un riesgo para el personal y fuente de contaminación para el producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMEF, Análisis De Modo Y Efecto De La Falla [en línea]. <<http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>>. [Consulta: 5 de diciembre de 2017].
2. *Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF)*. [en línea]. <<https://www.ingenieriaindustrialonline.com>>. [Consulta: 22 de enero de 2018].
3. *Así se hace la harina*. [en línea]. <<https://www.youtube.com/watch?v=AzbgA5nHwJE>>. [Consulta: 22 de enero de 2018].
4. CALDERÓN SCHAART, Brian Antonio. *Diseño de un sistema de evaluación del desempeño utilizando indicadores claves del desempeño KPI's, para los trabajadores del Colegio de Ingenieros de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2005. 138 p.
5. CALDERÓN UMAÑA, Silvia y ORTEGA VINDAS, Jorge, *Guía para la elaboración de diagramas de flujo* Área de modernización del Estado, Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, Costa Rica, 2009. 18 p.

6. *Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo*. [en línea]. <<http://www.canimolt.org/trigo/el-trigo-en-mexico> >. [Consulta: 2 de noviembre de 2017].
7. *Control Estadístico de Procesos*. [en línea]. <<http://www.matematicasypoesia.com.es/Estadist/ManualCPE06p3.htm> >. [Consulta: 3 diciembre de 2017].
8. *Diccionario Etimológico Español en Línea*. [en línea]. <<http://etimologias.dechile.net/?trigo>>. [Consulta: 15 de diciembre 2017].
9. DUNCAN, Acheson J. *Control de calidad y estadística industrial*. México: Alfaomega, 1989. 215 p.
10. Farmacia BIO. *El trigo* [en línea] <<https://www.farmacia.bio/trigo/>>. [Consulta: 12 de noviembre 2017].
11. IBERTI, Ceina. *El origen del trigo y su historia*. [en línea]. <<http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml/>>. [Consulta: 1 diciembre de 2017].
12. GARCÍA PÉREZ, Exner Alexander, *Implementación de un sistema de calidad en la recepción de ingredientes a granel en la industria panificadora*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2007. 181 p.

13. Infografías cropti. *Los 9 cereales y granos más cultivados en el mundo*. [en línea]. <<http://blog.cropti.com/cereales-granos-produccion-mundo/>>. [Consulta: 12 noviembre 2017].
14. Las propiedades del trigo [en línea]. <<https://www.botanical-online.com/>>. [Consulta: 3 de diciembre 2017].
15. MORALES BRAN, Evelyn Johanna, *Control estadístico de calidad en los procesos de una industria alimenticia*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2001. 135 p.
16. MUÑOZ ROJAS, Claudia Yesenia. *Implementación de un sistema de control estadístico en los procesos de una industria alimenticia*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2004. 196 p.
17. Normas, C. G. COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración. Guatemala. 37 p.
18. PENGUIN, William. *Que es un KPI – Significado de los Key Performance Indicators*. [en línea]. <<https://www.yoseomarketing.com/blog/que-es-un-kpi-significado-kpis-indicadores/>>. [Consulta: 4 de diciembre 2017]
19. RUBALLOS ARANA, Javier Alfonso, *Propuesta de mejora del sistema de aseguramiento de calidad de una empresa productora de*

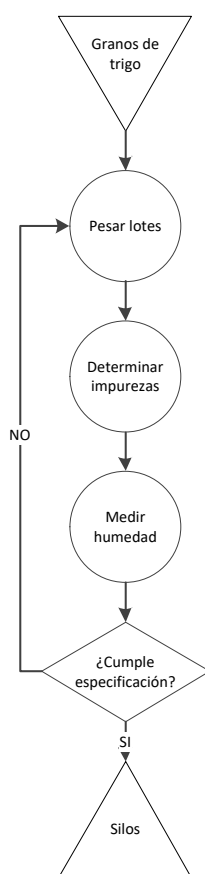
harina de trigo. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 176 p.

20. SAUCEDO MENDOZA, Miriam Julieta, *Higiene y seguridad industrial en medianas empresas de harina panificable*. Trabajo de graduación de Administración de Empresas. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2005. 92 p.
21. VALDIVIEZO, Martha, Control estadístico de procesos multivariantes en la industria alimentaria. Trabajo de graduación Lic. Estadística, Venezuela, Universidad de Oriente, 2009. 16 p.
22. VARGAS GONZÁLEZ, Emilio, *Composición de los subproductos de trigo utilizados en la alimentación animal en Costa Rica* Trabajo de graduación de Lic Nutrición, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, 2000. 38 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diagrama de flujo de decisión para la recepción de granos de trigo

Molsa, Guatemala			
Diagrama de flujo de decisión para la recepción de granos de trigo			
Proceso	Recepción de granos de trigo	Fecha de elaboración:	10/2017
Área	Control de Calidad		
Elaborado por	Mónica Zamora		

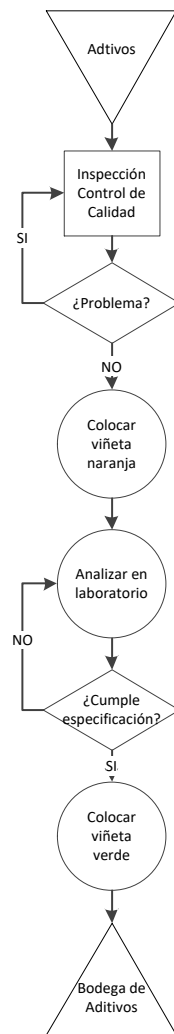


Resumen		
Símbolo	Nombre	Cantidad
▽	Entrada de bienes	1
△	Almacenamiento	1
○	Operación	3
◇	Decisión	1
Total		6

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

Apéndice 2. **Diagrama de flujo de decisión para la recepción de aditivos**

Molsa, Guatemala			
Diagrama de flujo de decisión para la recepción de aditivos			
Proceso	Recepción de aditivos	Fecha de elaboración:	10/2017
Área	Control de Calidad		
Elaborado por	Mónica Zamora		



Resumen		
Símbolo	Nombre	Cantidad
▽	Entrada de bienes	1
△	Almacenamiento	1
○	Operación	3
◇	Decisión	2
□	Inspección	1
Total		8

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2013.

ANEXOS

Anexo 1. Recomendaciones para la recepción de equipo a calibrar CENAME

LNM-AT-I-008 Versión: No. 2 2004-10-11 Páginas: 1/1
LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA
RECEPCIÓN DE EQUIPO
<ol style="list-style-type: none">1. El equipo deberá estar unívoca y plenamente identificado. La identificación debe ser permanente, de tal forma que no pueda ser removida o sufrir alteraciones.2. Si el equipo a calibrar tuviera un manual específico, este debe presentarse, para su mejor uso y cuidado y para evitar demoras en la calibración. Junto al equipo a calibrar deberá presentarse el último certificado de calibración, si hubiera sido calibrado anteriormente, en cualquier otro laboratorio.3. La persona que entrega el equipo a calibrar, debe estar presente durante la revisión del mismo.4. La persona que entrega el equipo debe llenar, juntamente con el personal del Laboratorio, el formulario de recepción de equipo, Orden de Trabajo LNM-AT-FO-008, para verificar los datos específicos del mismo.5. El equipo será recibido únicamente bajo las condiciones anteriores.
<p><u>Recomendaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• No enviar por correo el equipo a calibrar.• Embalar el equipo apropiadamente de tal forma que este no sufra daños al ser transportado al Laboratorio Nacional de Metrología.• Asegurarse que la nota de envío este debidamente sellada y firmada de recibido por el personal del laboratorio.• Asegurarse de recibir el formulario LNM-AT-FO-008, debidamente llenado y firmado por personal del Laboratorio.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Mapa de Guatemala. www.ine.gob.gt.

Consulta: 22 de enero de 2018.

Anexo 2. **Recomendaciones para la entrega de equipo a calibrar**
CENAME

<p>LNM-AT-I-009 Versión: No.2 2004-10-04 Páginas: 1/1</p>
<p>LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA</p> <hr/>
<p>ENTREGA DE EQUIPO CALIBRADO</p>
<p>1. Al momento de recoger su equipo o certificado de calibración en la planta del LNM, el cliente deberá presentar la siguiente documentación:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Fotocopia del formulario de pago del servicio, a la fecha se está recibiendo un vale o carta compromiso de pago a favor del Laboratorio Nacional de Metrología, por el monto del servicio prestado especificado en la Orden de Trabajo emitida al mismo.b. Copia del formulario de recepción del equipo a calibrar.
<p>2. El horario para recoger equipo está establecido de 14:30 a 16:30 horas.</p>
<p>3. Recibirá el equipo calibrado, acompañado de su Certificado de Calibración, así como toda la documentación que haya sido entregada al laboratorio (manual, último certificado, otras).</p>
<p><u>Recomendaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none">› La persona que entrega el equipo a calibrar deberá ser quien lo recoja en las instalaciones del Laboratorio, en su defecto designará por medio de una nota a la persona que lo recogerá, quien deberá identificarse plenamente.› Mantener el equipo calibrado es responsabilidad del cliente, esta se hará de acuerdo al uso que tenga el instrumento y a las condiciones que el mismo se someta.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. *Mapa de Guatemala*. www.ine.gov.gt.

Consulta: 22 de enero de 2018.