



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

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, EN LOS
PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA
DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, EN LA EMPRESA NIASA**

Victor Hugo Cuevas Aguilar

Asesorado por el Ingeniero Edwin Josué Ixpatá Reyes

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, EN LOS
PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA
DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, EN LA EMPRESA NIASA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

VICTOR HUGO CUEVAS AGUILAR

ASESORADO POR EL INGENIERO EDWIN JOSUÉ IXPATÁ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

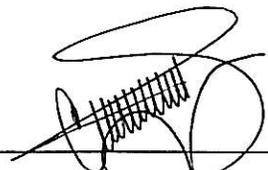
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León De León
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, EN LA EMPRESA NIASA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 21 de septiembre de 2007.



Víctor Hugo Cuevas Aguilar



Guatemala, 16 de octubre de 2008.
Ref.EPS.D.936.10.08.

Inga. Norma Heana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

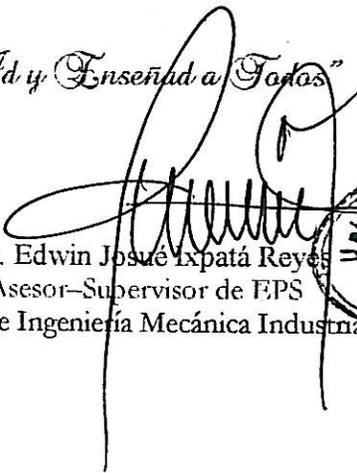
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Victor Hugo Cuevas Aguilar**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN LA EMPRESA NIASA”**.

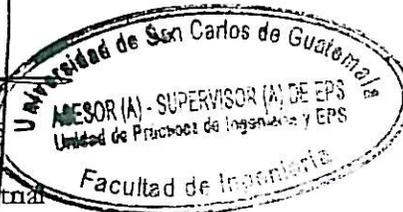
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Edwin Josué Xpatá Reyes
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



EJIR/ra



Guatemala, 16 de octubre de 2008.
Ref.EPS.D.936.10.08.

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

Estimado Ingeniero Gómez Rivera.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN LA EMPRESA NIASA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Victor Hugo Cuevas Aguilar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

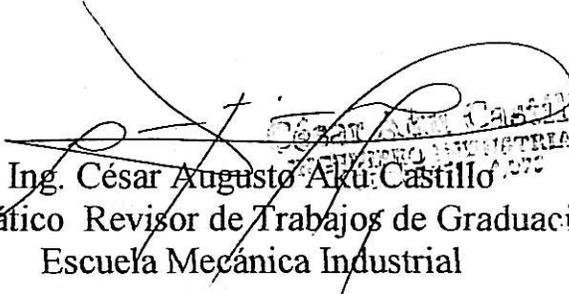

Inga. Norma Ileana Zamora Zaccara de Serrano
Directora Unidad de EPS
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería

NISZ/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN LA EMPRESA NIASA**, presentado por el estudiante universitario **Víctor Hugo Cuevas Aguilar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. César Augusto Akiu Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2008.

/mgp



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 **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, EN LA EMPRESA NIASA**, presentado por el estudiante universitario **Victor Hugo Cuevas Aguilar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2008.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA, EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, EN LA EMPRESA NIASA**, presentado por el estudiante universitario, **Victor Hugo Cuevas Aguilar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read 'Murphy Olympto Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, noviembre de 2008

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios, por la vida y la fortaleza que me ha dado para poder concluir mis estudios y este trabajo de graduación.

Mi padre, Mario Alfonso Cuevas (D.E.P.), por su incondicional apoyo, sacrificios y enseñanzas de superación, motivándome a seguir adelante, siendo un soporte a cada instante.

Mi madre, Rosa Gladys Aguilar, por su muestra constante de cariño, amor, comprensión y paciencia, inculcándome buenos principios que me hicieron la persona que soy.

Mis hermanos, Mario Alfonso y Marco Vinicio, por su ayuda y cooperación brindada durante todo este tiempo.

Mi familia, por ser un soporte fundamental para el logro de mis objetivos, en especial a mi tío Salvador Argueta y a mi primo Roberto Argueta, por sus consejos y buenos deseos.

Mis amigos, por la convivencia en los momentos de alegría y por sobre todo en los momentos difíciles compartidos.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por el desarrollo profesional y académico.

Industria Procesadora de Guatemala S.A. y al Ing. Jorge Cerezo por la oportunidad y apoyo en la realización de mi E.P.S., así como el crecimiento laboral brindado.

Los compañeros de Industria Procesadora de Guatemala S.A., por transmitir sus conocimientos y enseñanzas de manera desinteresada para poder ejecutar este trabajo.

Mi asesor Ing. Edwin Ixpatá, por sus consejos y colaboración para la realización del E.P.S.

Mis revisores, Inga. Sigrid Calderón e Ing. César Akú, por el soporte académico proporcionado para el buen desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	
1.1 Antecedentes de la empresa	1
1.2 Actividad principal	2
1.3 Visión	2
1.4 Misión	2
1.5 Objetivos	3
1.6 Principios de calidad	3
1.6.1 Política de calidad	3
1.6.2 Objetivos de calidad	3
1.7 Empleados e instalaciones	4
1.8 Clientes actuales	4
1.9 Departamento de producción	5
1.9.1 Estructura del departamento de producción	5
1.9.1.1 Áreas de producción	6
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Administración de empresas	7
2.1.1 Proceso administrativo	7

2.2 Administración de personal	8
2.2.1 Capacitación	8
2.3 Control de calidad	8
2.3.1 Filosofía six sigma	8
2.3.1.1 Principios de six sigma	9
2.3.1.2 Indicador de desempeño de procesos	10
2.3.1.3 Metodología de mejora continua	12
2.3.1.4 Grupos kaizen	14
2.3.2 Sistemas de gestión de calidad	15
2.3.2.1 Norma ISO 9001:2000	15
2.3.3 Aseguramiento de calidad	16
2.3.3.1 Muestreo de aceptación de materia prima	16
2.3.3.2 Muestreo de aceptación de producto en proceso y terminado	17
2.3.4 Control de variables	18
2.3.4.1 Herramientas de control	19
2.3.4.2 Métodos de control	20
2.3.4.3 Análisis de datos	20
2.4 Control de Producción	20
2.4.1 Planificación de la producción	22
2.4.2 Programación de la producción	22
2.4.3 Indicadores de control de producción	24
2.5 Mantenimiento de maquinaria	25
2.5.1 Mantenimiento preventivo	25
2.5.2 Mantenimiento correctivo	26
2.5.3 Administración de mantenimiento	27
2.5.4 Pérdidas por maquinaria	27
2.5.5 Indicadores de mantenimiento	28
2.6 Administración de proyectos	29
2.6.1 Generación de ideas	30

2.6.2 Formulación y evaluación de proyectos	30
---	----

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Procesos de producción	33
3.1.1 Chicle confitado	33
3.1.2 Chicle tableta	35
3.1.3 Dulce (paleta, bombón y dulce duro)	36
3.1.4 Galleta	37
3.2 Comportamiento y análisis de los procesos	38
3.2.1 Capacidad de los procesos	39
3.2.2 Nivel sigma	40
3.3 Maquinaria y equipo de producción	40
3.3.1 Eficiencias de líneas de producción	49
3.3.2 Pérdidas debido a maquinaria	49
3.3.2.1 Paros mecánicos y operativos	49
3.3.2.2 Velocidades inadecuadas	50
3.3.2.3 Arranques y cambios de producto	51
3.3.3 Mantenimiento	52
3.3.3.1 Correctivo emergente	52
3.3.3.2 Preventivo	52
3.3.3.3 Correctivo programado	52
3.4 Diagnóstico	53
3.4.1 Análisis FODA de la organización	53
3.4.2 Diagnóstico de producción	54
3.4.2.1 Diagrama de Ishikawa de defectos de producción	57
3.4.3 Diagnóstico de mantenimiento	58
3.4.3.1 Diagrama de Ishikawa de desperdicios de producción	60

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

4.1 Desarrollo de grupos kaizen en los procesos de producción	61
4.1.1 Programas de capacitación	61
4.1.1.1 Champion (líder)	62
4.1.1.2 Master black belt (maestros cintas negras)	63
4.1.1.3 Black belt (cintas negras)	64
4.1.1.4 Green belt (cintas verdes)	65
4.1.1.5 Team six sigma (equipos seis sigma)	66
4.2 Six sigma y DMAIC en producción	68
4.2.1 Definir	68
4.2.2 Medir	75
4.2.2.1 Factores críticos de calidad	77
4.2.2.2 Nivel sigma de los procesos	80
4.2.3 Analizar	85
4.2.4 Mejorar	88
4.2.5 Controlar	96
4.3 Seguimiento y mejora continua	116

5. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

5.1 Actividades de mantenimiento autónomo	121
5.1.1 Limpieza e inspección de equipos	122
5.1.2 Eliminación de fuentes de contaminación	123
5.1.3 Lubricación básica	123
5.1.4 Controles visuales	125
5.2 Pérdidas en producción	125
5.2.1 Grandes pérdidas	126
5.2.2 Pérdidas crónicas	133
5.3 Productividad en maquinaria y equipo	133

5.3.1 Aprovechamiento del equipo	133
5.3.2 Efectividad global	137
5.3.2.1 Disponibilidad	137
5.3.2.2 Eficiencia	139
5.3.2.3 Pérdidas por calidad	140
CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	151
ANEXOS	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FÍGURAS

1	Vista frontal de Industria Procesadora de Guatemala S.A.	1
2	Productos que fabrica Industria Procesadora de Guatemala S.A.	2
3	Organigrama del departamento de producción	5
4	Ciclo del proceso administrativo	7
5	Los defectos como cola de una distribución normal	11
6	Mezcladora de goma base	33
7	Principio de formación del chicle confitado	34
8	Operación de confitado de chicle de bola	35
9	Tambor de absorción para confitado de chicle	41
10	Marmita con funcionamiento de vapor	43
11	Cocinadora de vacío de tipo automático	43
12	Cocinadora de vacío de tipo manual	44
13	Rodillos de carga o bastoneadora	44
14	Troquel de dulce	45
15	Batidora	46
16	Turbo mezclador	47
17	Vista lateral de empacadoras de productos	48
18	Análisis de defectos de producción	57
19	Análisis de pérdidas de producción	60
20	Estructura de grupo Kaizen de Industria Procesadora de Guatemala	67
21	Formato para realizar carta de proyectos	69
22	Mapeo del proceso de confitado	71

23	Mapeo del proceso de tableta	72
24	Mapeo del proceso de dulce	73
25	Mapeo del proceso de galleta	74
26	Curva normal y base estadística de six sigma	76
27	Área de probabilidades de éxito y fracaso de la curva normal	81
28	Diagrama de Pareto de defectos de producción de confitado	86
29	Diagrama de Pareto de defectos de producción de tableta	86
30	Diagrama de Pareto de defectos de producción de dulce	87
31	Diagrama de Pareto de defectos de producción de galleta	87
32	Diagrama causa efecto del proceso de confitado	89
33	Diagrama causa efecto del proceso de tableta	89
34	Diagrama causa efecto del proceso de dulce	90
35	Diagrama causa efecto del proceso de galleta	91
36	Plan de mejora para la disminución de defectos	95
37	Causas de variación de un proceso de producción	97
38	Diagrama de flujo para el control estadístico de procesos (CEP)	98
39	Formato de registro para toma de temperatura y % de humedad	100
40	Histograma de frecuencias de humedades relativas de confitado	105
41	Histograma de frecuencias de temperatura de confitado	106
42	Histograma de frecuencias de temperatura de tableta	108
43	Histograma de frecuencias de humedades relativas de tableta	110
44	Histograma de frecuencias de temperatura de dulce	111
45	Histograma de frecuencias de humedades relativas de dulce	113
46	Histograma de frecuencias de temperatura de galleta	114
47	Gráfico de control de humedad relativa de confitado	115
48	Formato para medición de la satisfacción (encuesta)	119
49	Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 1	131
50	Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 2	132
51	Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 3	132

52	Programa de mantenimiento autónomo para maquinaria y equipo	143
53	Programa de mantenimiento autónomo y lista de verificación para máquinas empacadoras	146

TABLAS

I	Nivel sigma de procesos versus dpmo	12
II	Análisis FODA de la organización con la implementación de la metodología <i>six sigma</i> en las líneas de producción y propuesta de un programa de mantenimiento autónomo	53
III	Capacidades de los procesos de producción	77
IV	Factores críticos de calidad (CTQs) por proceso	77
V	Fragmento de tabla de probabilidades de la curva normal	82
VI	Cuadro para obtener el nivel sigma de un proceso utilizando una hoja de cálculo	83
VII	Muestreos de defectos en los procesos de producción	83
VIII	Resumen de cálculos para determinar el nivel sigma por proceso	84
IX	Cantidad de defectos de producción del proceso de confitado	84
X	Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta	84
XI	Cantidad de defectos de producción del proceso de dulce	85
XII	Cantidad de defectos de producción del proceso de galleta	86
XIII	Resumen de problemas con mayor incidencia	88
XIV	Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de confitado	89
XV	Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de tableta	90

XVI	Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de dulce	90
XVII	Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de galleta	91
XVIII	Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de confitado	92
XIX	Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de tableta	92
XX	Análisis de las posibles soluciones del proceso de dulce	92
XXI	Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de galleta	93
XXII	Hoja de registro de humedades relativas en porcentaje	101
XXIII	Humedades relativas en porcentaje del proceso de confitado	102
XXIV	Resumen de límites de clase para intervalos	103
XXV	Distribuciones de frecuencia	104
XXVI	Temperatura en grados Celsius del proceso de confitado	105
XXVII	Resumen de parámetros de la variable de temperatura del proceso de confitado	106
XXVIII	Límites de clase de la variable de temperatura de confitado	106
XXIX	Distribución de frecuencias de temperatura de confitado	106
XXX	Temperatura en grados Celsius del proceso de tableta	107
XXXI	Resumen de parámetros de la variable de temperatura del proceso de tableta	107
XXXII	Límites de clase de la variable de temperatura de tableta	107
XXXIII	Distribución de frecuencias de temperatura de tableta	107
XXXIV	Humedad relativa en porcentaje del proceso de tableta	108
XXXV	Resumen de parámetros de la variable de humedad relativa del proceso de tableta	109
XXXVI	Límites de clase de la variable de humedad relativa de tableta	109
XXXVII	Distribución de frecuencias de humedad relativa de tableta	109
XXXVIII	Temperatura en grados Celsius del proceso de dulce	110
XXXIX	Resumen de parámetros de de temperatura del proceso de dulce	110

XL	Límites de clase de la variable de temperatura de dulce	111
XLI	Distribución de frecuencias de temperatura de dulce	111
XLII	Humedad relativa en porcentaje del proceso de dulce	112
XLIII	Resumen de parámetros de la variable de humedad relativa del proceso de dulce	112
XLIV	Límites de clase de la variable de humedad relativa de dulce	112
XLV	Distribución de frecuencias de humedad relativa de dulce	112
XLVI	Temperatura en grados Celsius del proceso de galleta	113
XLVII	Resumen de parámetros de temperatura del proceso de galleta	113
XLVIII	Límites de clase de la variable de temperatura de galleta	114
XLIX	Distribución de frecuencias de temperatura de galleta	114
L	Cantidad de defectos de producción del proceso de confitado	116
LI	Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta	116
LII	Cantidad de defectos de producción del proceso de dulce	117
LIII	Cantidad de defectos de producción del proceso de galleta	117
LIV	Dpmo y niveles sigma en los procesos de producción	117
LV	Lista de actividades de lubricación básica de una máquina de empaque de chicle confitado	124
LVI	Lista de actividades de lubricación básica de una máquina de empaque de chicle tableta	124
LVII	Medición de pérdidas de producción	129
LVIII	Variables de pérdidas de producción en máquinas de empaque	130
LIX	Tiempos y velocidades reducidas en máquinas de empaque	130
LX	Resumen de ineficiencias por pérdidas de producción (%) en máquinas de empaque	131

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
CEO	Chief executive officer (Jefe ejecutivo de oficina).
σ	Sigma. Desviación estándar.
μ	Mu. Media.
dpmo	Defectos por millón de oportunidades.
%	Porcentaje.
ISO	International Standard Organization (Organización Internacional de estandarización).
X	Media de la muestra.
R	Rango.
S	Desviación estándar de la muestra.
PTEE	Productividad total efectiva de equipos.
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas.
CTQ	Critical to quality (crítico de calidad).
p.p.m.	Partes por millón.
q	Probabilidad de fracaso.
p	Probabilidad de éxito.
Z	Cantidad de desviaciones estándar, alejadas de la media.
CEP	Control estadístico de procesos.
NScp	Nivel Sigma a corto plazo.
NSlp	Nivel Sigma a largo plazo.

° C	Grados Celsius o centígrados.
i	Intervalos de clase.
L.I.	Límite inferior.
L.S.	Límite superior.
L.C.	Límite central.
DMAIC	Define, measure, analyze, improve, control (definir, medir, analizar, mejorar, controlar).
DFSS	Design for six sigma (Diseño para seis sigma).
SAE	Society american engineering (sociedad de ingenieros americanos).
API	American petroleum institute (Instituto americano del petróleo).
AE	Aprovechamiento del equipo.
OEE	Overall equipment effectiveness (efectividad global del equipo).
η	Eta. Rendimiento o eficiencia.
FTT	First try time (calidad al primer intento).

GLOSARIO

Calidad Six Sigma	Combinación de verificaciones de los requerimientos del cliente, reflejado en diseños robustos y en la capacidad de producir 3.4 defectos por millón de oportunidades de cometer un defecto.
Capacidad del proceso	La relativa habilidad de cualquier proceso para producir resultados consistentes, centrados sobre un valor deseado.
Característica	Definición o medida que representa a un proceso, producto o variable.
Causa	Lo que produce un efecto o provoca una oportunidad.
Control estadístico de procesos	Aplicación de métodos estadísticos y procedimientos relacionados a un proceso para normalizarlo.
Correlación	La determinación de un efecto o una variable, sobre otra situación dependiente.

Crítico de calidad	Un elemento de un diseño o característica, de una parte esencial de la calidad perceptible en los ojos del cliente.
Defecto	Una falla que se opone a una característica de calidad o a una no conformidad de una especificación.
Defectos por millón de oportunidades	Número de defectos, dividido por el número de oportunidades de cometer un defecto, y multiplicado por un millón.
Defectos por unidad	Número de defectos, dividido por el número de productos o características producidas.
Diagrama causa - efecto	Diseño esquemático, usualmente representado en forma de espinas de pescado, la cual representa las principales causas, que encabezan un efecto. También es conocido como Diagrama de Pescado.
Diagrama de Pareto	Gráfica la cual coloca en orden de frecuencias.
Distribución normal	Función de densidad continua simétrica respecto a la media, caracterizada por su forma de campana.

Distribución de frecuencias	Modelo formado por un grupo de medidas en una distribución.
Distribuciones	Tendencia de un largo número de observaciones sobre un valor central que contiene una cierta variación.
Efecto	Lo que produce una causa.
Gráficos de control	Gráfica que representa características de calidad, en relación al tiempo dentro de límites naturales y tendencias centrales.
Histograma	Representación vertical de una distribución en términos de frecuencias. Es un método formal de graficar distribuciones de frecuencias.
Mapeo de procesos	Gráfico de flujo para analizar por componentes, y para comprender de una mejor manera un proceso, paso por paso.
Nivel sigma	Estimación estadística del número de defectos que un proceso pueden producirse, equivalente a los defectos por millón de oportunidades de ese proceso.

Probabilidad	Casualidad de que algo suceda. El porcentaje o número de sucesos sobre un largo número de pruebas.
Proceso	Un método particular de realizar algo, generalmente involucra un número de pasos y operaciones. Es transformar entradas en salidas.
Regresión	Una técnica estadística para determinar las relaciones entre una respuesta y una o más variables independientes.
Sigma	Desviación estándar. Una medida estadística basada en el análisis de la variación en una distribución normal de valores.
Variable	Una característica que puede tomar diferentes valores.
Variación	Cualquier diferencia cuantificable entre mediciones individuales; estas diferencias pueden clasificarse según su origen en causas comunes y causas especiales.

RESUMEN

La gestión de calidad es una herramienta administrativa que adoptan las organizaciones con los objetivos primordiales de ser competitivos e incrementar sus utilidades. Sin embargo, la gestión de calidad no solo genera lo descrito anteriormente, ya que desarrolla una administración organizacional que logra la mejora continua de todos los procesos que interactúan entre sí, para obtener como resultado un producto o servicio sin defectos ni errores y por consiguiente la satisfacción del cliente.

Una de las metodologías utilizadas para la gestión de calidad, es la filosofía six sigma, que desarrolla a través de técnicas como la administración por procesos, principios estadísticos y el trabajo en equipo, una cultura de calidad que busca la minimización de defectos.

El origen y el principio en el cual se desarrolla la filosofía six sigma, es en el control de la variación y en el aumento del desempeño de procesos a través de métodos estadísticos, y en el uso del ciclo de mejora continua DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), por parte de equipos de trabajo llamados grupos kaizen.

En procesos de producción es de suma utilidad la implementación de six sigma junto con la participación de los grupos kaizen, no solo para el control de la variación, si no para el aumento de la productividad, disminución de desperdicios, generación de liderazgo y motivación, así como el involucramiento de todo el personal en actividades de mantenimiento, desarrollo de proyectos, solución de problemas y generación de mejoras.

OBJETIVOS

2.1 General

Implementar herramientas de mejora continua en los procesos de producción de la empresa NIASA.

2.2 Específicos:

1. Medir los niveles de satisfacción de los clientes, sobre la percepción del producto y sus características.
2. Mejorar la calidad del producto y la eficiencia de las líneas de producción.
3. Administrar, mejorar y rediseñar los procesos de producción.
4. Controlar estadísticamente las variables de producción que afectan la calidad del producto y del proceso.
5. Crear grupos de trabajo a nivel operativo y administrativo (grupos kaizen) para la implementación y desarrollo de la metodología six sigma.
6. Relacionar la metodología six sigma como herramienta de apoyo al sistema de gestión de calidad de la organización.
7. Investigar y desarrollar una propuesta de mantenimiento autónomo para la reducción de pérdidas y aumento de la productividad en la maquinaria y equipo de producción.

INTRODUCCIÓN

Conseguir de manera eficaz el control y mejoras durante las etapas de los procesos de producción, la resolución de problemas y la participación del personal, es el resultado de la implementación de la filosofía Six Sigma en una organización valiéndose de herramientas técnicas y estadísticas para su ejecución y desarrollo.

Durante la realización de un proceso se involucran tres etapas principales: las entradas, el procedimiento de transformación y las salidas. En cualquiera de esas tres etapas suceden cambios que al no ser controlados pueden originar errores. Six Sigma persigue ofrecer productos o servicios con la calidad adecuada y al costo más bajo para buscar la satisfacción de los clientes.

En una planta de productos de confitería, la calidad del producto y servicio juega un papel primordial para la competitividad de la misma. Los procesos de producción que se desarrollan en ella conllevan el control de la desviación de variables críticas que afectan directamente el desempeño de las líneas de producción y la conformidad del producto, por lo que la disminución de errores no solo repercute en obtener procesos productivos capaces si no también en la reducción de costos por mala calidad.

La productividad es otro indicador importante para mejorar el desempeño de los procesos y en plantas de producción el funcionamiento sin fallas de maquinaria y equipo es de vital importancia para generar líneas productivas altamente eficientes y sin pérdidas.

Para lograr lo anterior se desarrolla un programa de mantenimiento autónomo y prevención de fallas en maquinaria por parte de operarios, que pueda lograr la disminución de desperdicios de producción y contribuye al análisis de disponibilidad, efectividades y rendimientos de maquinaria y equipo.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa

Industria Procesadora de Guatemala S.A. fue constituida en octubre de 1985, con la idea fundamental por parte de sus fundadores de ofrecer al mercado guatemalteco golosinas de alta calidad y al mejor precio, con el objetivo de expandirse a los mercados de exportación desarrollando procesos productivos eficientes. Nuevas Industrias de Alimentos S.A. (NIASA) como se llamo esta organización al iniciar sus operaciones, empezó fabricando el chicle *Bazooka* bajo licencia de *Topps Company* y su exitoso resultado motivó a diversificarse en el área de confitería fabricando otros tipos de chicles, caramelos duros, bombones, paletas, chocolates y galletas.

En el año 2001, la organización cambió su razón social a Industria Procesadora de Guatemala S.A., pero su posicionamiento en el mercado hasta esa fecha obligó a mantener el nombre comercial de Niasa, en sus productos y con sus clientes.

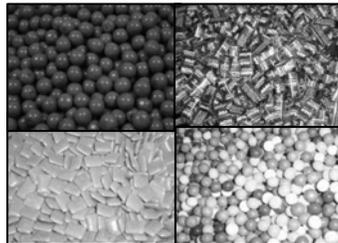
Figura 1. Vista frontal de Industria Procesadora de Guatemala S.A.



1.2 Actividad principal

Actualmente Industria Procesadora de Guatemala S.A., es una empresa dedicada a la manufactura, comercialización y exportación de productos alimenticios en el área de confitería como lo son: gomas de mascar, galletas, chocolates, dulces duros, paletas y bombones, teniendo éxito con las marcas Mach, Frupy, Bandido, entre otras.

Figura 2. Productos que fabrica Industria Procesadora de Guatemala S.A.



1.3 Visión

Sabemos que podemos llegar a ser una empresa de las mejores en la rama de confitería y lo podemos lograr ofreciendo a nuestros clientes productos de alta calidad a precios altamente competitivos.

1.4 Misión

Estamos elaborando productos de confitería, con alta calidad y los estamos enviando a cada rincón de Guatemala como también a Centroamérica, El Caribe y otros países del mundo. Para lograrlo contamos con un personal calificado y motivado, así como la renovación tecnológica en nuestro proceso de manufactura. Con precio y calidad competitiva para satisfacer las necesidades de nuestros clientes y con el compromiso del mejoramiento continuo, buscamos una rentabilidad adecuada para nuestros accionistas y el bienestar de nuestros empleados.

1.5 Objetivos

Cumplir con los requerimientos de calidad y servicio. Ampliar la gama de productos y mercados. Lograr rendimientos económicos que garanticen la rentabilidad a largo plazo de la empresa.

1.6 Principios de calidad

Actualmente, Industria Procesadora de Guatemala S.A., tiene implementada como herramienta administrativa la certificación de su sistema de gestión de calidad basada en la norma ISO 9001:2000 desde octubre del 2006. Los principios de calidad de la organización son desarrollados partiendo de su política y objetivos de calidad, buscando la mejora de todos los procesos, así como el aumento de la satisfacción de sus clientes.

1.6.1 Política de calidad

Producir y vender, productos de confitería con la calidad requerida por nuestros clientes, a fin de mejorar su satisfacción.

Para el efecto todos los empleados, estarán orientados en el cumplimiento de los procesos en los que participan, apoyándose en el sistema de gestión de calidad de acuerdo a los requerimientos de la norma ISO 9001, buscando permanentemente la mejora de su eficacia.

1.6.2 Objetivos de calidad

Los objetivos de calidad surgen de la política de calidad, y están orientados al aumento de la satisfacción del cliente.

La característica de los objetivos de calidad es que se pueden medir, y que buscan la mejora continua de todos los procesos de la organización.

1.7 Empleados e instalaciones

En la planta de producción la organización cuenta con una fuerza laboral de aproximadamente 110 empleados, contando entre ellos a supervisores y encargados de cada una de las áreas en que se divide el departamento de producción. Además cuenta con aproximadamente 40 empleados que realizan actividades administrativas en los distintos departamentos de la empresa, y posee empleados que brindan mantenimiento y asistencia al equipo e instalaciones de la planta.

Industria Procesadora de Guatemala S.A., se encuentra ubicada en la zona industrial de la zona 12 y calzada Atanasio Tzul. Sus instalaciones se encuentran diseñadas con los requerimientos mínimos para la producción de alimentos de confitería, con una superficie techada de alrededor de 5,500 metros cuadrados, ambientes controlados para garantizar la calidad e inocuidad de sus productos y una capacidad de producción de alrededor de 30,000 toneladas anuales.

1.8 Clientes actuales

Niasa en la actualidad cubre el mercado guatemalteco, además exporta sus productos a toda Centroamérica incluyendo Panamá, Venezuela, Republica Dominicana, Haití, México, y con expectativas de expandir sus exportaciones a otros países tanto del continente americano como de Europa y Asia.

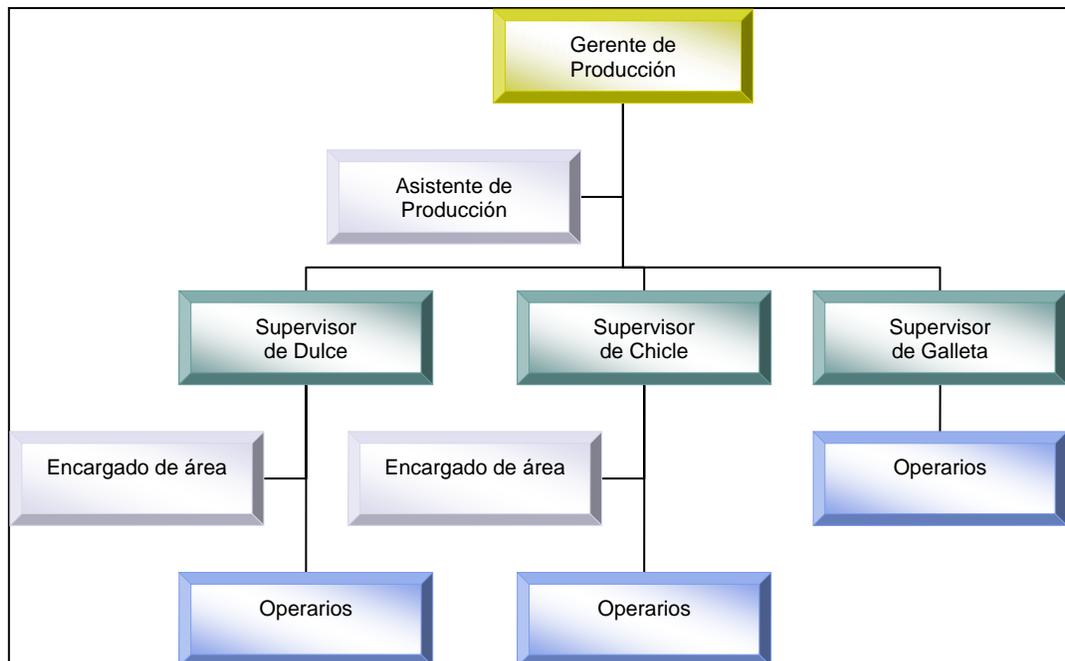
1.9 Departamento de producción

Dentro de la estructura organizacional Niasa cuenta con un departamento de producción, el cuál es el encargado de convertir la materia prima que recibe, en producto terminado. Para el efecto se desarrollan una serie de actividades tanto operativas como administrativas para cumplir con los objetivos trazados, que se enfocan en la calidad del producto y en la eficiencia de los procesos de producción.

1.9.1 Estructura del departamento de producción

La administración del departamento de producción es realizada por su Gerente, que a la vez cuenta con supervisores y encargados de cada una de las áreas de producción para la organización y control de la producción de la planta.

Figura 3. Organigrama del departamento de producción



1.9.1.1 Áreas de producción

La producción se encuentra dividida en cuatro áreas principales de acuerdo a su tipo de producto a fabricar, estas áreas son:

- Chicle confitado.
- Chicle tableta.
- Dulce.
- Galleta.

El área de chicle confitado y tableta se encuentran establecidos en las mismas condiciones de operación y solamente difieren de las características de cada producto. El chicle confitado es aquel que dentro de su proceso lleva una etapa en la cuál se le aplica una capa de miel con colorante que lo hace más vistoso y brillante.

El área de dulce a la vez se puede subdividir en cuatro sub áreas: paleta, dulce duro, dulce twist y bombón. La diferencia entre un dulce duro y un dulce twist es básicamente su forma y su tipo de empaque, la forma de un dulce twist es ovalada y empacada en forma de entorche en ambos extremos, mientras que el dulce duro posee formas semicirculares y su empaque es de tipo rectangular. El departamento de galleta puede producir también galletas simples y galletas con cobertura de chocolate.

2. MARCO TEÓRICO

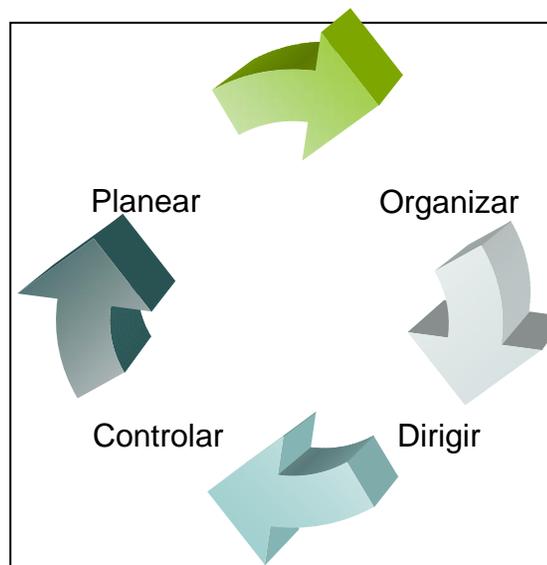
2.1 Administración de empresas

La administración es el proceso de diseñar y mantener un ambiente en el que las personas trabajando en grupo alcancen con eficiencia las metas planificadas.

2.1.1 Proceso administrativo

El proceso de administración se refiere a la interrelación de las funciones administrativas de planear y organizar la estructura organizacional de una empresa a la vez de dirigir y controlar sus actividades.

Figura 4. Ciclo del proceso administrativo



Fuente: **Propuesta.**

2.2 Administración de personal

Forma parte de la administración de empresas, que se encarga de manejar el recurso humano de la empresa, con la finalidad de organizar, controlar, seleccionar, capacitar y armonizar la fuerza de trabajo dentro de una organización.

2.2.1 Capacitación

Partiendo del análisis de los perfiles de puestos de una organización, se diseñan programas de capacitación y desarrollo de personal. El análisis y las descripciones del puesto resultantes muestran el tipo de habilidades y por tanto de capacitación que se requieren.

El análisis de puestos también es útil para asegurar que todas las actividades que se tienen que realizar están asignadas a las posiciones específicas (asignación de responsabilidades).

2.3 Control de calidad

2.3.1 Filosofía six sigma

La filosofía de *six sigma* se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola cuando el ingeniero Mikel Harry comenzó a influenciar a la organización para que se estudiara la variación en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos.

Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar, la cual se representa por la letra griega sigma (σ). Esta iniciativa se convirtió en la estrategia para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces CEO de Motorola: Bob Galvin, que con su apoyo se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación si no también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades en los procesos; buscando la perfección (cero defectos).

2.3.1.1 Principios de six sigma

- Enfoque al cliente: el enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras *six sigma* se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.
- Dirección basada en datos y hechos: *six sigma* se inicia estableciendo cuales son los procesos y actividades a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan y no sus síntomas.
- Enfoque a procesos: *six sigma* se concentra en la administración de procesos, logrando importantes ventajas competitivas para la empresa.
- Dirección proactiva: ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.

- Colaboración sin barreras: debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.
- Búsqueda de la perfección: las compañías que aplican *Six Sigma* tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.

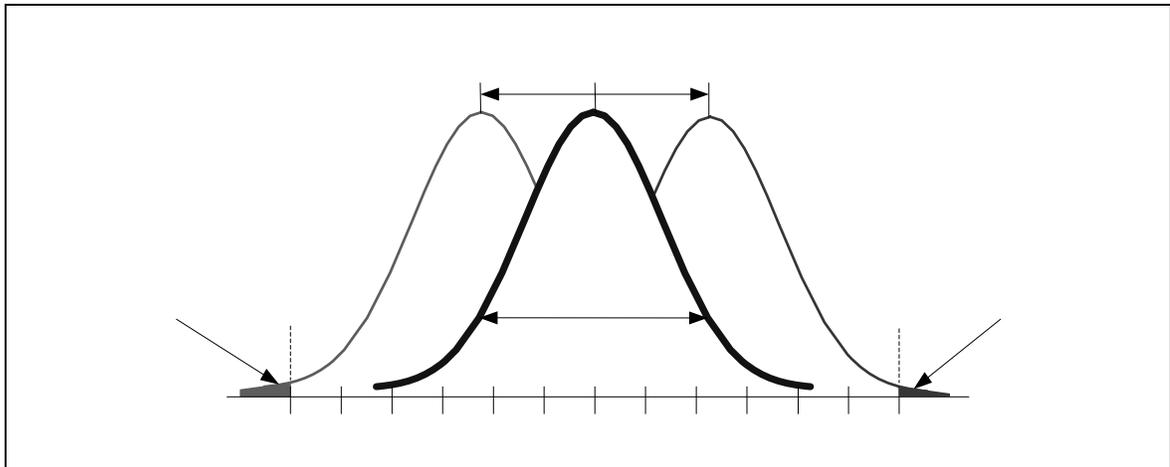
2.3.1.2 Indicador de desempeño de procesos

La base estadística de *Six Sigma* es la distribución normal, la cual surge gráficamente de un histograma, se traza como una curva de campana en donde se puede observar la media que se expresa como “ μ ” (mu), la cual expresa el valor más representativo de un conjunto de datos, conocido comúnmente como promedio de los mismo.

La media se ubica en el centro de la campana dejando a cada lado de ella áreas proporcionales e iguales, por ello se dice que es una distribución simétrica. En la curva de campana también se puede observar la medición de la variación en la distribución, la cual se visualiza como el nivel o proporción en que los datos se alejan de la media. La desviación se incrementa en la medida en que los puntos se alejen más de este valor central. Se representa con el signo “ σ ” (sigma), este valor expresa en forma numérica la amplitud de la curva y esta amplitud se utiliza para definir cuánta variación existe en la distribución, además se utiliza para evaluar la capacidad del proceso en términos de los límites aceptables por el cliente en una característica específica del producto (límites de especificaciones).

La proporción de la curva que queda fuera de estos límites determina el nivel de defectuoso resultantes del proceso. En la figura se podrá entender mejor la explicación anterior:

Figura 5. Los defectos como cola de una distribución normal



Adaptación de: Geoff Tennant,

Six sigma: control estadístico del proceso y administración total de la calidad.

Pág. 40.

Seis es el nivel más elevado del sigma en el cual se ha trabajado en donde se propone aceptar cero defectos, pero debido a que la curva de distribución normal nunca llega a cero, se busca con el nivel seis sigma abarcar casi todos los resultados, permitiendo un margen de error de solo 3.4 defectos por cada millón de oportunidades.

Shift = De
1.

Six sigma se basa en una medición de defectos por millón de oportunidades, es decir el número de defectos que son captados por los clientes por cada millón de oportunidades para que ocurra este defecto; esto se puede obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$dpmo = 1,000,000 \times \frac{D}{OE}$$

11

Virtualmente cero defectos (3.4 p.p.m)

6σ 5σ 4σ 3σ 2σ

Donde:

Dpmo: defectos por millón de oportunidades.

D: defectos totales en un proceso.

OE: oportunidades de error totales.

El resultado obtenido en esta ecuación son los defectos por millón de oportunidades los cuales son convertidos en medidas sigma por medio de tablas calculadas previamente como la que se muestra a continuación, o a través de cálculos estadísticos (ver capítulo 4, anexo 7, 8 y 9).

Tabla I. Nivel sigma de procesos vrs dpmo

Nivel de calidad	DPMO	Nivel Sigma	Costo de Calidad
30.9 %	690 000	1	NA
69.2 %	308 000	2	NA
93.3 %	66 800	3	25.40 %
99.4 %	6 210	4	15.25%
99.98 %	320	5	5.15 %
99.9997	3.4	6	< 1%

2.3.1.3 Metodología de mejora continua

La metodología DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control* en español definir, medir, analizar, mejorar y controlar), es un método estructurado, disciplinado y riguroso para alcanzar la mejora de procesos. La razón para seguir esta metodología es para alcanzar los objetivos que persigue la filosofía *six sigma*.

Definir: El producto resultante de esta fase deberá ser una clara descripción de la mejora que se propone, un mapeo del proceso, y una lista de lo que es importante para el cliente.

Medir: evaluar el sistema de medición actual, establecer medidas confiables para monitorear el progreso del objetivo previamente definido. El producto resultante de esta fase deberá ser datos del actual funcionamiento, datos que proporcionen la localización actual del problema o la ocurrencia y una descripción más enfocada del problema.

Analizar: diagnosticar el sistema para identificar causas raíces y confirmarlas con datos. El producto resultante de esta fase deberá ser una teoría que ha sido probada y confirmada, la causa o causas deberán formar la base para las soluciones de la fase de mejora.

Mejorar: implementar soluciones que estén dirigidas a las posibles causas raíz, los productos resultantes de esta fase deberán ser acciones planeadas y probadas para eliminar o reducir el impacto de las causas raíz identificadas.

Controlar: evaluar las soluciones y el plan para mantener las acciones implementadas, estandarizando el proceso. Los productos resultantes serán análisis de antes y después, un sistema de monitoreo y completar la documentación de resultados, aprendizajes y recomendaciones.

2.3.1.4 Grupos Kaizen

Los grupos *kaizen* o equipos de proyectos *six sigma*, son fundamentales para el desarrollo de la metodología. El planteamiento, desarrollo y finalización de los proyectos *six sigma*, requieren de variedad de habilidades desde análisis técnicos hasta el desarrollo de soluciones creativas y su implementación, por lo tanto, los grupos kaizen además de solucionar problemas a corto y largo plazo ofrecen un ambiente de aprendizaje, desarrollo administrativo y profesional.

Los grupos kaizen, están estructurados de la siguiente forma:

- Campeones (*Champion*): directivos que promueven y dirigen el uso de *six sigma* en un área importante del negocio. Los campeones proveen dirección, recursos y soporte a los equipos y aprueban y revisan los proyectos.
- Maestros cinta negra (*Master black belt*): experto en técnicas de calidad especialmente aconsejando a los líderes de los equipos, facilitando el desarrollo de temas de calidad y acelerando los procesos de mejora. Los maestros cinta negra seleccionan, entrenan y enseñan a los cintas negras, desarrollan e implementan el plan de despliegue de *six sigma*, seleccionando y asegurándose la finalización de los proyectos.
- Cinta negra (*black belt*): líderes a tiempo completo de los proyectos *six sigma*, son quienes proveen asesoría técnica avanzada a los equipos de trabajo. No pertenecen a ningún equipo, pero si los guía, los dirige y los capacita.

- Cinta verde (*green belt*): empleados de la organización que están capacitados en las herramientas y metodologías de six sigma, trabajando en los proyectos en tiempo parcial, y ayudan a los cintas negras para el desarrollo de los proyectos. Son los líderes de los equipos.
- Equipos (*team six sigma*): empleados de diversas áreas que apoyan el desarrollo de los proyectos.

2.3.2 Sistemas de gestión de calidad

Un sistema de gestión de la calidad es el conjunto de elementos interrelacionados de una organización mediante los cuales se administra de forma planificada la calidad de la misma, en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes (ver anexo 14). Entre dichos elementos los principales son:

- La estructura de la organización (organigrama).
- La estructura de responsabilidades (matriz de responsabilidades).
- Procesos.
- Procedimientos.
- Recursos.

2.3.2.1 Norma ISO 9001:2000

Una de las normas más conocidas y utilizadas a nivel internacional para gestionar la calidad (implementación de sistemas de gestión de la calidad), es la norma ISO 9001:2000. La familia de normas ISO 9000 es un conjunto de normas de calidad establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se pueden aplicar en cualquier tipo de organización.

Los principales beneficios de la implementación de sistemas de gestión de calidad son:

- Reducción de rechazos e incidencias en la producción o prestación del servicio (quejas y reclamos de clientes).
- Aumento de la productividad (eficacia organizacional).
- Mayor compromiso con los requisitos del cliente (satisfacción del cliente).
- Mejora continua.

2.3.3 Aseguramiento de calidad

El aseguramiento de la calidad se puede definir como el esfuerzo total para planear, organizar, dirigir y controlar (administrar) la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al cliente productos con la calidad adecuada. Es simplemente asegurar que la calidad sea lo que debe ser.

2.3.3.1 Muestreo de aceptación de materia prima

En la actividad de control de calidad en ocasiones es necesario inspeccionar lotes de materia prima, para asegurar que cumplen ciertos niveles de calidad con un buen grado de confianza. El muestreo de aceptación es el proceso de inspección de una muestra de unidades extraídas de un lote con el propósito de aceptar o rechazar todo el lote.

El muestreo de aceptación se puede aplicar en cualquier relación cliente-proveedor, ya sea en el interior de una empresa o entre diferentes empresas y se puede ver como una medida defensiva para protegerse de la amenaza del posible deterioro de la calidad.

Un muestreo de aceptación se basa en lo siguiente: una compañía recibe un lote de algún producto de cierto proveedor; este producto puede ser materia prima o cualquier otro componente que se utiliza en la compañía, se selecciona una muestra de lote y se inspeccionan alguna(s) característica(s) de calidad a todos los productos seleccionados. Con base en la información obtenida con la inspección se tomará una decisión: aceptar o rechazar todo el lote. Si los lotes son aceptados pasan directamente a ser utilizados, pero si el lote es rechazado, entonces es devuelto al proveedor o podría estar sujeto a alguna otra disposición (por ejemplo inspección de todos los productos del lote, inspección 100% pagada por el proveedor).

2.3.3.2 Muestreo de aceptación de producto en proceso y terminado

En los planes de muestreo de aceptación por variables se especifican el número de artículos en proceso o en producto terminado, que hay que muestrear y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa. Estos planes se basan generalmente en la media y desviación estándar de la muestra, de la característica de calidad. Cuando se conoce la distribución de la característica en el lote o el proceso, es posible diseñar planes de muestreo por variables que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada.

En los planes por variables se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra, se le miden características de calidad de tipo continuo (peso, humedad, temperatura, etc.).

Con las mediciones se calcula un estadístico, que generalmente está en función de la media, la desviación estándar de la muestra y las especificaciones, y dependiendo del valor de este estadístico al compararlo con un valor permisible, se aceptará o rechazará todo el lote.

2.3.4 Control de variables

Los procesos se benefician con un programa de control de variables a través de diagramas de control. Para implementar diagramas de control será necesario tener en cuenta directrices como elegir el tipo adecuado de diagramas de control, determinar que característica del proceso habrá que controlar y definir en que lugar del proceso habrán de incorporar los diagramas de control.

Se puede aplicar las directrices anteriores tanto a los diagramas de control por variables como de atributos. Los diagramas de control no solamente se usan para controlar los procesos, sino también como un método activo en línea para reducir la variabilidad del proceso.

Una característica de calidad mensurable como dimensión, peso volumen, es una variable cuantitativa. Los diagramas de control para variables se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas, suelen permitir el uso de procedimientos de control más eficientes y proporciona más información respecto al rendimiento del proceso que los diagramas de control de atributos, que son utilizados para contrastar características cualitativas (no cuantificables numéricamente).

Entre los diagramas de control por variables más importantes tenemos los siguientes:

- Gráficos de medias \bar{X} .
- Gráficos de rangos R.
- Gráficos de desviaciones típicas S.

Entre los diagramas de control por atributos más importantes tenemos los siguientes:

- Gráfico de la proporción de unidades (gráfico p).
- Gráfico del número de unidades defectuosas (gráfico np).
- Gráfico del número de defectos (gráfico c).
- Gráfico del número de defectos por unidad (gráfico u).

2.3.4.1 Herramientas de control

Dentro de las herramientas que facilitan el control de variables y la administración de procesos tenemos:

- Histogramas de control.
- Diagramas de Pareto.
- Diagramas de dispersión.
- Gráficos de control.

2.3.4.2 Métodos de control

La variación es en los procesos la causa de pérdidas e ineficiencias que no permite en la mayoría de los casos alcanzar los resultados esperados. Como se menciono anteriormente existen técnicas y herramientas que nos ayudan a controlar esta variación. Como un apoyo a estas técnicas y herramientas se deben de implementar métodos de control que nos permita basarnos en hechos reales, determinar variables, y controlar la variación que ocurre en los procesos.

2.3.4.3 Análisis de datos

El análisis es una de las etapas de la administración de procesos, que permite detectar y corregir las situaciones más relevantes que están afectando los resultados de un proceso o una organización.

Existen dos herramientas básicas y fundamentas para el análisis de causas de un efecto o problemas, estas son:

- Diagrama causa – efecto (Ishikawa).
- Diagrama de Pareto.

2.4 Control de producción

El control se refiere a la verificación de que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos.

El control de la producción tiene que establecer medios para una continua evaluación de ciertos factores: la demanda del cliente, la situación de capital, la capacidad productiva, etc. Esta evaluación deberá tomar en cuenta no solo el estado actual de estos factores sino que deberá también proyectarlo hacia el futuro.

Podemos definir el control de producción como la función de dirigir o regular el movimiento de los materiales por todo el ciclo de producción, desde la requisición de materias primas, hasta la entrega del producto terminado, mediante la transmisión sistemática de instrucciones a los subordinados, según el plan que se utiliza en las instalaciones del modo más económico.

Para lograr el objetivo, la gerencia debe estar al tanto del desarrollo de los trabajos a realizar, el tiempo y la cantidad producida; así como modificar los planes establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes.

Entre las funciones del control de producción podemos mencionar:

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.
- Comprobar la demanda real, compararla con la planteada y corregir los planes si fuere necesario.
- Establecer la explosión de materiales.
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas detallados de producción.
- Planear la distribución de productos.

2.4.1 Planificación de la producción

La planificación de la producción, es la función de sistematizar por anticipado los factores de mano de obra, materias primas, maquinaria y equipo, para realizar la producción, con relación a:

- Demanda del mercado.
- Capacidad de la planta (maquinaria).
- Puestos laborales (recurso humano).

La planificación tiene por finalidad vigilar que se logre:

- Disponer eficazmente de materias primas y demás recursos.
- Reducir tiempos muertos de maquinaria y de los operarios.
- Asegurar que los operarios no trabajen en exceso, ni que estén inactivos.

El plan de producción crea el marco dentro del cual funcionarán las técnicas de control de inventario y fijará el monto de pedidos que deben hacerse para alimentar la planta.

2.4.2 Programación de la producción

Actividad que consiste en la fijación de planes y horarios de la producción, de acuerdo a la prioridad de la operación por realizar, determinado así su inicio y fin, para lograr el nivel más eficiente. La función principal de la programación de la producción consiste en lograr un movimiento uniforme y rítmico de los productos a través de las etapas de producción. Se inicia con la especificación de lo que debe hacerse, en función de la planeación de la producción.

El programa de producción es afectado por:

- Materiales: para cumplir con las fechas comprometidas para su entrega.
- Capacidad del personal: para mantener bajos costos al utilizarlo eficazmente, en ocasiones afecta la fecha de entrega (establecer si es necesario pago de horas extras y turnos de trabajo).
- Capacidad de producción de la maquinaria: para tener una utilización adecuada de ellas, deben observarse las condiciones ambientales, especificaciones, calidad y cantidad de los materiales, la experiencia y capacidad de las operaciones en aquellas.

La función de la programación de producción tiene como finalidad lo siguiente:

- Prever las pérdidas de tiempo entre los centros de producción.
- Mantener ocupada la mano de obra disponible.
- Cumplir con los plazos de entrega establecidos.

Existen diversos medios de programación de la producción, entre los que destacan los siguientes:

- Gráfica de barras.
- Gráfica de Gantt.
- Camino crítico: se conoce también como teoría de redes, es un método matemático que permite una secuencia y utilización óptima de los recursos.

- Pert: es una variación del camino crítico, en la cual además de tener como objetivo minimizar el tiempo, se desea lograr el máximo de calidad del trabajo y la reducción mínima de costos.

2.4.3 Indicadores de control de producción

La mayoría de los indicadores para el control de producción son directamente cuantitativos e indican el objetivo de una etapa del proceso de producción. Entre los indicadores más utilizados tenemos:

- Cuantificación de los desperdicios (mermas): son todas aqueas unidades que no se pueden reprocesar y que significan una pérdida para la organización.
- Tiempos improductivos: es el tiempo en que los operarios y/o la maquinaria de producción se encuentran sin actividad.
- Defectos de calidad: son todas aqueas unidades o lotes de producción, que no cumplen con las características y especificaciones de calidad mínimas establecidas.
- Reproceso: son todas las unidades producidas, que no cumplen con las características de calidad y que pueden volver a ser procesadas. El reproceso significa un costo de producción por mala calidad (ver anexo 8).
- Tiempo del ciclo de un producto: es el tiempo que se tarda un producto desde que es solicitado por el cliente hasta que se le entrega. Para fines de producción el tiempo del ciclo de un producto es indicado a través de la eficacia de la producción.

- Rendimiento de maquinaria: es la relación entre la producción real y la producción teórica.
- Ineficiencia operativa: regularmente se expresa como un porcentaje y viene dado por la relación entre todos los paros o pérdidas de producción, ocasionadas por operación y el tiempo laborado por los operarios.

2.5 Mantenimiento de maquinaria

Mantenimiento son todas las actividades, planes, programas y administración, desarrollados con el fin de conservar los equipos, maquinaria y las instalaciones de las mismas, en condiciones óptimas de funcionamiento seguro, eficiente y económico. Entre los mantenimientos más aplicados en una organización tenemos:

- Mantenimiento por tiempo (preventivo programado).
- Mantenimiento por estado (preventivo predictivo y mantenimiento proactivo).
- Mantenimiento por rotura (correctivo).

2.5.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento basa su operatividad en el conteo de cantidad de uso (en horas, kilómetros, etc.) para planificar su mantenimiento. Con la evolución de las técnicas de monitoreo (rayos X, magnetismo, vibraciones), se determinó que muchas tareas preventivas se ejecutaban fuera de tiempo, dado intervenciones programadas se hacían según el promedio de vida útil de los equipos, pero no se tenían en cuenta los desvíos promedios respecto de esa media de tiempo (conocidos estadísticamente como desviación estándar).

Esto perjudicaba económicamente a las empresas, dado que en algunas ocasiones se descartaban de servicio componentes con vida útil aún, perdiendo un porcentaje de aprovechamiento del recurso. Esto hizo que evolucionara el denominado mantenimiento predictivo, desde donde se apoya al mantenimiento preventivo a asegurar la disponibilidad de los equipos monitoreando los elementos críticos. Este monitoreo puede hacerse de dos formas:

- Monitoreo de funcionamiento: se observan y asientan las condiciones operativas externas de las máquinas (la presión, la energía de salida, el consumo de corriente, etc.)
- Monitoreo de condición: se observa interiormente al equipo, para ver su estado (análisis de aceite para detección de partículas metálicas o gases disueltos, análisis de vibraciones, etc.) pero sin desarmarlo, ya que el desmontaje y rearmado puede introducir errores de armado que harán que la máquina fracase al momento del arranque posterior.

2.5.2 Mantenimiento correctivo

Consiste en atender las máquinas o equipos al momento de su rotura o salida de servicio. Si bien está demostrado que su efectividad es baja a medida que pasa el tiempo, por el desgaste propio de las máquinas que hace que su curva de costos suba, muchas empresas siguen basando sus programas de mantenimiento en esta tipología.

2.5.3 Administración de mantenimiento

Es el conjunto de funciones, técnicas, métodos y herramientas, que combinadas con el recurso humano adecuado, permiten lograr una ejecución efectiva del mantenimiento.

El objetivo de la administración de mantenimiento es de optimizar el uso del recurso humano, del presupuesto asignado para conservar el equipo, instalaciones y el tiempo para llevar a cabo una reparación o servicio.

2.5.4 Pérdidas por maquinaria

Como pérdidas por maquinaria podemos definir a la medida de tiempo o unidades que se pierden por causas de maquinaria. Estas pérdidas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Pérdidas por averías: pérdidas de tiempo que reducen la producción, o pérdidas por productos defectuosos.
- Pérdidas de preparación y ajustes: son pérdidas de tiempo (tiempos muertos) o de producción (productos defectuosos), que se generan debido a la preparación y ajustes de maquinaria para producir un nuevo producto.
- Pérdidas por inactividad y paradas menores: surgen cuando la producción se interrumpe por una falla temporal o por la inactividad de la maquinaria. La producción es restituida ajustando las piezas necesarias que obstaculizan la marcha del equipo.

- Pérdidas de velocidad reducida: son pérdidas ocasionadas por la diferencia entre la velocidad de diseño del equipo (velocidad estándar) y la velocidad real operativa, ocasionando problemas de eficacia de producción.
- Pérdidas por defectos de calidad y repetición de trabajos: son ocasionadas por el mal funcionamiento del equipo de producción, los defectos esporádicos se corrigen fácilmente al normalizarse las condiciones de trabajo del equipo.
- Pérdidas por arranque: son pérdidas por el bajo rendimiento que se ocasiona por el inicio de producción, desde el arranque hasta la estabilización de la maquina.

2.5.5 Indicadores de mantenimiento

Dentro de las variables fundamentales que evalúan la gestión del mantenimiento y que agregan valor a este proceso se pueden mencionar:

- Nivel de información: evalúa la disponibilidad de información necesaria para la gestión de mantenimiento (información técnica, especificaciones, funcionamiento de equipo, repuestos, planes de mantenimiento, etc.).
- Productividad total efectiva de los equipos (PTEE): es una medida de productividad de equipos, que se obtiene de multiplicar el aprovechamiento del equipo (cantidad de tiempo que es utilizado un equipo en relación al tiempo total que puede ser utilizado) y la efectividad del equipo (rendimiento del equipo en funcionamiento).

- Incidencia del mantenimiento en los costos de la empresa: representa el costo utilizado para labores de mantenimiento relativos al personal de trabajo, mano de obra externa, costo de repuestos, costo de capacitación, etc.
- Efectividad del mantenimiento: mide el desempeño de las actividades de mantenimiento planificadas en relación a la productividad de la organización.
- Capacidad de los obreros del mantenimiento de enfrentar con éxito los problemas correspondientes a esta función.
- Planificación y programación de trabajos de mantenimiento: analiza la existencia de un sistema formal de planificación de las actividades de mantenimiento.
- Nivel de adopción de sistemas de mantenimiento informatizados: establece la utilización de sistemas automatizados de administración de mantenimiento.
- Seguridad del personal y del medio ambiente: mide las condiciones de trabajo adecuadas para el personal de mantenimiento y la protección del medio ambiente.

2.6 Administración de proyectos

La administración de proyectos es la disciplina de organizar y administrar recursos de manera tal que se pueda culminar todo el trabajo requerido en el proyecto dentro del alcance, el tiempo, y coste definidos. Un proyecto es un esfuerzo temporal, único y progresivo, emprendido para crear un producto o un servicio también único.

El primer desafío de la administración de proyectos es asegurarse de que el proyecto sea entregado dentro de los parámetros definidos. El segundo es la asignación y la integración de las entradas necesarias para resolver esos objetivos predefinidos. El proyecto por lo tanto, es un sistema cuidadosamente seleccionado de actividades definidas para utilizar los recursos (tiempo, dinero, recursos humanos, materiales, energía, espacio, provisiones, comunicación, calidad, riesgo, etc.) para resolver los objetivos predefinidos.

2.6.1 Generación de ideas

El surgimiento de proyectos se origina a través de una necesidad o el mejoramiento de alguna actividad, procedimiento, etc. La generación de ideas es un proceso que se utiliza, regularmente en grupo, para tratar de solucionar un problema, una necesidad o mejorar algo. Regularmente para esta actividad la herramienta más utilizada es la “tormenta de ideas” (*brain storming*), que se define como una práctica de pensamiento creativo para la generación de un gran número de ideas por parte de un grupo de trabajo.

2.6.2 Formulación y evaluación de proyectos

Generalmente los administradores de proyectos son responsables de algunas o todas las siguientes actividades:

- Redacción de la propuesta: la propuesta describe los objetivos del proyecto y cómo se llevaría a cabo. Incluye estimaciones de costo y tiempo y justifica por qué el contrato del proyecto se debe dar a una organización o equipo en particular.

- Planificación y calendarización del proyecto: se refiere a la identificación de actividades, hitos y entregas del proyecto.
- Estimación de costos del proyecto: es una actividad relacionada con la estimación de los recursos requeridos para llevar a cabo el plan del proyecto.
- Supervisión y revisión del proyecto: la supervisión es una actividad continua. El administrador debe conocer el progreso del proyecto con los costos actuales y los planificados. También, es normal tener varias revisiones formales de su administración. Se hace una revisión completa del progreso y de los desarrollos técnicos del proyecto, teniendo en cuenta el estado del proyecto. El resultado puede dar lugar a una cancelación.
- Selección y evaluación del personal: los administradores, generalmente, seleccionan a las personas que trabajarán en su proyecto, o establecen un equipo ideal mínimo para el proyecto.
- Redacción y presentación de informes: los administradores son los responsables de informar sobre el proyecto. Deben redactar documentos concisos y coherentes que resuman la información crítica de los informes detallados del proyecto.

En administración de proyectos, la evaluación de proyectos es el proceso por el cual se determina la urgencia, necesidad o procedencia de ejecutar un proyecto, así como la preferencia que deben tener unos proyectos sobre otros.

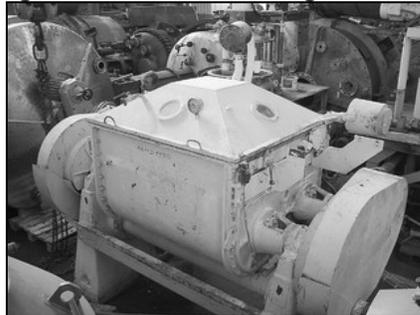
3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Procesos de producción

3.1.1 Chicle confitado

El proceso del chicle confitado inicia en el área de mezclas, donde se revuelven las materias primas del chicle que son glucosa, goma base, azúcar, y sabor. Estas materias son combinadas en una mezcladora, que a base de temperatura y con dos aspas rotativas realizan una mezcla homogénea de los materiales introducidos (ver figura siguiente). Después de alrededor de unos 20 minutos se procede a descargar de las mezcladoras una masa homogénea de chicle (*batch*) ya con su sabor y consistencia adecuada hacia un carro o bandeja. Luego se transporta y se deja reposar alrededor de una hora para que la mezcla se encuentre a una temperatura de alrededor de 50°C, para pasar a la operación de extrusión donde se vuelve a calentar la mezcla con vapor para que facilite la operación. Después de la extrusión el resultado que se obtiene es un cordón cilíndrico de chicle de diferentes diámetros dependiendo el tipo de producto que se este fabricando, este cordón tiene en su interior aire.

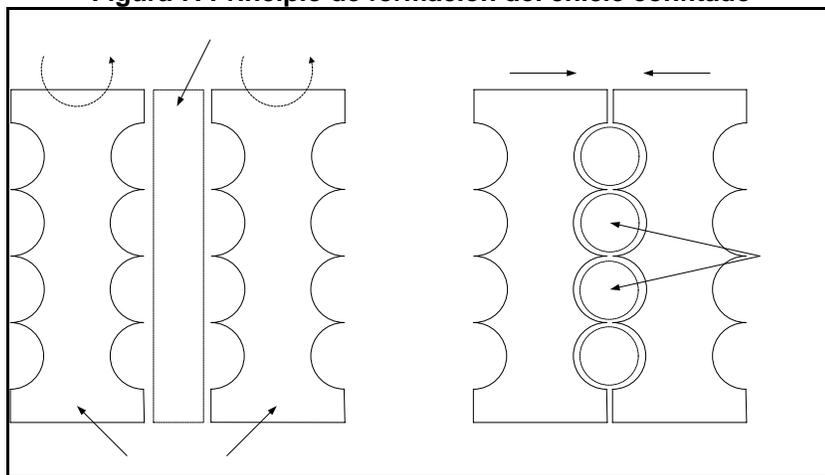
Figura 6. Mezcladora de goma base



Fuente: <http://www.maestromanolo.es>

El cordón de chicle es transportado por una banda hacia unas boleadoras, que lo conforman una cortadora de cordón y tres rodillos en forma de tornillo sin fin, que su función es formar en el interior de su espiral las bolas de chicle, como se muestra en la siguiente figura. Los rodillos se separan para recibir un cordón previamente cortado, y se vuelven a unir, en esta etapa se forman las bolas de chicle, luego se separan los rodillos y caen de ellos bolas de chicle formadas hacia una bandeja que se encuentra en movimiento con el objetivo que estas bolas de chicle no se deformen. En la siguiente figura se muestra el principio de la formación de bolas de chicle.

Figura 7. Principio de formación del chicle confitado



Fuente: **Propuesta**

Las bolas de chicle se reposan durante un tiempo mayor a ocho horas dentro de un cuarto con temperatura y humedad relativa controladas. Cuando las bolas de chicle ya han pasado el tiempo necesario de reposo se procede a realizar la operación de confitado. Es en esta operación es donde se le aplica color a los chicles, agregándole una capa de miel y colorante a las bolas que se encuentran en movimiento de rotación en un tambor de absorción para confitar, al mismo tiempo en que están dando vueltas las bolas de chicle se le aplica aire para su secado.

Las bolas de chicle son pulidas en otro tambor de absorción para darles brillo, como se muestra en la siguiente figura, al mismo tiempo también se revuelven de varios colores, para luego ser transportadas a la a las máquinas empacadoras.

Figura 8. Operación de confitado de chicle de bola



Fuente: <http://www.ferrarapan.com>

3.1.2 Chicle tableta

Para el proceso de chicle tableta la operación de mezclado es similar a la del chicle confitado (ver inciso 3.1.1), lo único que puede variar es la aplicación de colorante y sabor en la mezcla dependiendo del producto a fabricar. Luego de tener la mezcla al igual que en el chicle confitado, también se pasa dentro de un extrusor, donde sale un cordón de chicle pero este a diferencia del chicle confitado no lleva aire en su interior. Los cordones de chicle se reposan alrededor de una hora, con la finalidad de obtener la consistencia y dureza apropiadas al proceso, para posteriormente ser empacados. Previamente al empaque se pasan en un formador que le cambia la forma redonda al cordón en forma rectangular.

3.1.3 Dulce (paleta, bombón, dulce duro)

Para la fabricación de dulce ya sea de tipo paleta, bombón, dulce duro o *twist*, se realizan las mismas operaciones previas a darle la forma que llevará el dulce.

El proceso inicia con la mezcla de los tres materiales básicos en un dulce los cuales son azúcar, glucosa y agua, que se agregan en una marmita hasta que llegan a una consistencia adecuada. En esta operación se obtiene lo que se le denomina miel.

Esta miel es descargada de la marmita para luego ser introducida en una cocinadora de vacío durante aproximadamente 20 minutos, donde le es retirada un gran porcentaje de agua a la miel, obteniendo de esta operación una mezcla más consistente que es descargada de la cocinadora para posteriormente enfriarla durante algunos minutos.

Después de enfriada la mezcla, ya con una mayor consistencia, es colocada en mesas refrigeradas, donde se procede a la operación del amasado donde se le aplica el sabor y color a la masa de dulce.

Cuando la masa de dulce se encuentre ya con todas las características adecuadas, es colocada en medio de cuatro bastones cónicos, que se encuentran girando, y que su función es reducir cónicamente el diámetro de la masa de dulce, hasta llegar a un cordón cilíndrico de diámetro ideal según el producto a fabricar, que es introducido en un troquel que le da la forma final (bombón, dulce ó paleta). En los casos de paleta y bombón el troquel a la vez de darle la forma al dulce le introduce el palillo al mismo.

Luego de ser troquelado el producto pasa a través de túneles de enfriamiento, para luego ser llevados a las máquinas empacadoras.

3.1.4 Galleta

El proceso para realizar galletas o galletas cubiertas de chocolate, inicia con la preparación de la oblea, esta es preparada en un turbo mezclador donde se mezcla azúcar, harina y agua para obtener como resultado un batido de estos materiales. Este batido ya preparado es introducido a través de una bomba de vacío a un horno de gas, donde se inyecta a moldes que están dando vueltas a lo largo del horno y después de aproximadamente dos minutos, que es cuando estos moldes dan una vuelta perimetral en el horno, se obtiene lo que se denomina una oblea. Paralelamente a la fabricación de las obleas, se prepara una crema a base de manteca, donde se le aplica sabor y colorante dependiendo del tipo de galleta a fabricar. Ya con la crema y con varias obleas, se procede a realizar el untado de crema a las obleas, para posteriormente formar un libro de dos, tres, cuatro, etc., obleas dependiendo del tipo de galleta. Estos libros de obleas y crema son transportados al proceso de corte, donde se realiza la forma que va a llevar la galleta, esta operación la realiza una cortadora que hace dos cortes, uno a lo ancho y otro a lo largo del libro de obleas, para formar rectángulos que son la forma de la galleta. Estas galletas son transportadas a la máquina empacadora.

Si se fabrican galletas con cubierta de chocolate, luego de ser cortadas pasan en un dosificador, que a través de una bomba forma una catarata de chocolate que baña a las galletas. Luego de este baño de chocolate pasan por un túnel refrigerado para enfriamiento y luego son empacadas.

3.2 Comportamiento y análisis de los procesos

El comportamiento de los procesos de producción, es determinado a través de las variables de control inherente a cada proceso. Cualquier proceso consta de tres partes básicas, las entradas, el procedimiento de transformación y las salidas. En un proceso de producción las entradas están representadas como las materias primas, que son transformadas por una serie de operaciones para obtener como salidas el producto final. En los procesos de chicle confitado, chicle tableta, dulce y galleta, intervienen variables que al no ser controladas pueden originar un error en el proceso, obteniendo como resultado un producto sin las características de calidad adecuadas. Dentro de estas variables están:

- El peso: tanto de las materias primas, del producto en proceso, como del producto final.
- Condiciones del ambiente: la temperatura y la humedad, son dos variables a considerar por el tipo de producto que se esta realizando.
- Velocidad: la velocidad de operación de la maquinaria de producción, es una variable determinante tanto para la eficiencia de la línea como para la calidad del producto final.
- Variables propias de materia prima, producto en proceso y producto final: dependiendo del tipo de producto a producir, existen diferentes tipos de variables que pueden afectar el comportamiento de los procesos, están variables pueden ser: % de humedad, % de azúcar, % de glucosa, etc.

El análisis de los procesos se realiza visualizando el comportamiento de las variables del mismo y comparándolo con las tolerancias permisibles para garantizar tanto la calidad de los productos como el desempeño adecuado del proceso. Por tal motivo, es de mucha importancia que los datos recolectados sean confiables para garantizar que el comportamiento es el real y que el análisis sea el adecuado.

3.2.1 Capacidad de los procesos

La variación o la desviación estándar de las variables de los procesos de producción son determinados a través de muestreos tanto por los operarios de producción como muestreos realizados por el departamento de aseguramiento de calidad.

Estos datos son analizados y comparados con los límites de especificaciones de cada variable.

Existen herramientas que generan un análisis más detallado de variables de procesos y así poder determinar que tan capaz es el proceso de generar una variación aceptable o un comportamiento estable que no perjudique el desempeño del mismo. Actualmente no existe un control de variables con la utilización de herramientas estadísticas para la determinación, análisis y toma de acciones para disminuir la variación.

3.2.2 Nivel sigma

Por el tipo de organización (industria manufacturera), el nivel sigma de los procesos de producción generalmente no suele llegar a alcanzar el nivel seis sigma (ver anexo 13). En producción el nivel sigma es utilizado como una medida de defectos para determinación del desempeño de los procesos.

El nivel sigma de un proceso es un indicador más sensible que un porcentaje. Por ejemplo, la cantidad de producto defectuoso promedio en la producción de un mes fue del 3.5%, esto quiere decir que en un millón de unidades producidas existen 35,000 unidades defectuosas, dando como resultado un nivel sigma actual de 3.31 (ver tabla I), que obviamente está muy alejado del nivel seis sigma que se desea obtener. Por lo cual indicadores como porcentaje de reciclado, porcentaje de mermas o porcentaje de productos defectuosos, suelen indicar resultados de procesos pero al traducirlos a niveles sigmas aportan más valor al análisis del desempeño y comportamiento de procesos.

3.3 Maquinaria y equipo de producción

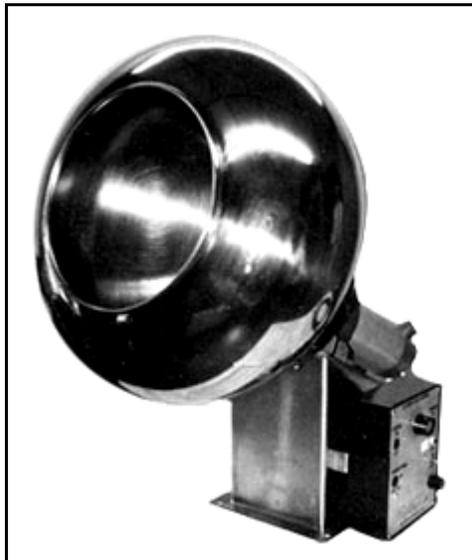
Dentro de las etapas de los procesos de producción de las diferentes áreas analizadas se utilizan varias máquinas y equipos para poder llegar a fabricar el producto final.

➤ Chicle confitado:

Para realizar este proceso es indispensable contar como mínimo la siguiente maquinaria y equipo:

- Mezcladora: su función principal es hacer homogéneas las materias primas del chicle.
- Extrusor: a través de temperatura y la rotación de tornillos sin fin, transporta la mezcla de chicle hacia unas boquillas donde es extruída y se le da la forma de un cordón cilíndrico.
- Boleadora: consta de tres rodillos en forma de tornillo sin fin, su función es formar las bolas de chicle a partir de un cordón cilíndrico que sale del extrusor (ver figura 7).
- Tambor de absorción: son esferas con un hueco adelante, como se muestra en la figura, donde se depositan las bolas de chicle y donde le es aplicado el color al chicle.

Figura 9. Tambor de absorción para confitado de chicle



Fuente: <http://www.keithmachinery.com>

- Empacadoras: las empacadoras de los chicles constan básicamente de un plato dosificador que ordena los chicles para luego ser colocados dentro de una banda transportadora la cuál los empuja hacia un formato que los envuelve dentro del material de empaque, y luego son enviados a un eje con mordazas donde se sella y corta el material de empaque del producto, para que la bola de chicle quede empacada.

➤ Chicle Tableta:

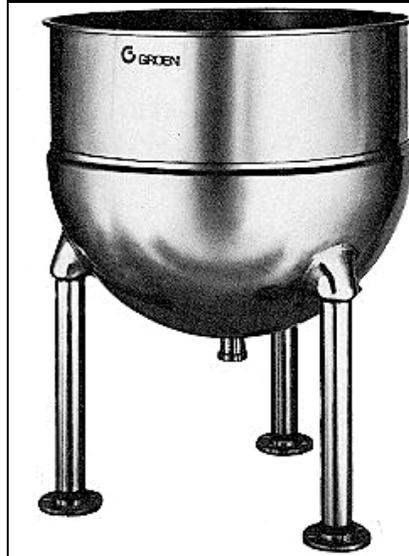
Además de la mezcladora y el extrusor que son similares al del proceso de chicle confitado, se cuenta con la siguiente maquinaria:

- Extrusor de cordón: este extrusor le da la forma final y rectangular al chicle.
- Empacadora: esta máquina además de empacar individualmente cada chicle, lo corta con las dimensiones y pesos a los que ha sido calibrada.

➤ Dulce:

- Marmita: a través de emitir calor por medio de vapor, disuelve y mezcla los materiales que se le introducen. A continuación se muestra una marmita de acero inoxidable con capacidad de 100 Kg.

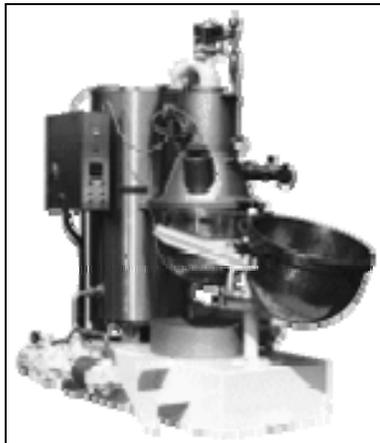
Figura 10. Marmita con funcionamiento de vapor



Fuente: <http://www.keithmachinery.com>

- Cocinadora de vacío: a través de una bomba de agua, crea vacío y con esto succiona el agua de la miel, para crear una mezcla más consistente. En las siguientes figuras se muestran dos tipos de cocinadora de vacío, la primera de tipo automático y la segunda de tipo manual donde el operario realiza la carga la descarga de la mezcla de dulce.

Figura 11. Cocinadora de vacío de tipo automático



Fuente: <http://www.keithmachinery.com>

Figura 12. Cocinadora de vacío de tipo manual



Fuente: <http://www.maestromanolo.es>

- Rodillos de carga: es un juego de cuatro bastones cónicos (como se muestra en la siguiente figura), los cuales giran tanto a favor de las manecillas del reloj durante algunos instantes y luego giran en contra. La función de estos bastones es reducir el diámetro de la mezcla que se le introduce y formar un cordón de dulce.

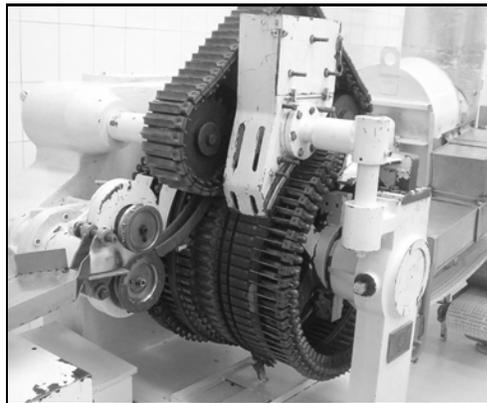
Figura 13. Rodillos de carga o bastoneadora



Fuente: <http://www.keithmachinery.com>

- Troquel: es de forma circular, gira impulsado por un motor y tiene varios moldes que tienen la forma del dulce a fabricar (ver figura 14). La forma del dulce se realiza a través del choque de un molde y un contra molde que presionan en su interior un cordón de la mezcla de dulce.

Figura 14. Troquel de dulce



Fuente: <http://www.maestromanolo.es>

- Túnel de enfriamiento: consta de una serie de bandas en donde se desplaza el producto durante un trayecto para ser enfriado.
- Empacadoras: existen de diferentes tipos dependiendo de la forma del dulce y del empaque que se desea. Por ejemplo para empaque de paleta se utilizan dos discos giratorios que tienen contacto entre si para la unión y sello de dos materiales de empaque que envuelven a las paletas. En los dulces se pueden realizar empaque de dos tipos, uno similar al que realiza la empacadora de chicle confitado y otra que envuelve a los dulces realizando un entorche en cada extremo, a través de dos pinzas que giran y que realizan este entorche en el material de empaque. El empaque del bombón es similar al empaque de dulce twist con la diferencia de que el entorche se realiza en un solo extremo.

➤ Galleta:

- Batidora: es de tipo industrial, pero similar a una de cocina (ver figura 15), que disuelve y realiza una mezcla homogénea de la materia prima que se le introduce.

Figura 15. Batidora



Fuente: <http://www.maquinet.com>

- Turbo mezclador: por medio de un aspa, realiza la mezcla homogénea de la crema que va dentro de las galletas. En la siguiente figura se muestra un turbo mezclador, accionado por un motor trifásico de 220 VAC.

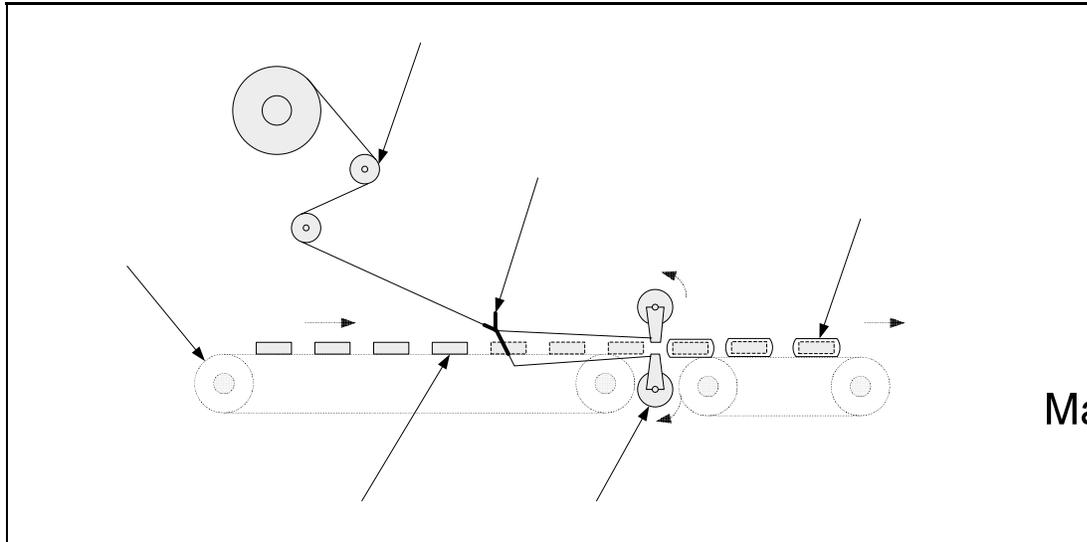
Figura 16. Turbo mezclador



Fuente: <http://www.haas.com>

- Horno: funciona por medio de gas y tiene la función que a través de moldes que giran a lo largo del horno forman la oblea de la galleta.
- Untadora: formada de dos cilindros su función es la dosificación de crema en las obleas.
- Túneles de enfriamiento: constan de una banda transportadora y una cubierta que mantienen una condición controlada de temperatura.
- Dosificador de chocolate: a través de una bomba dosifica chocolate en forma de catarata para cubrir las galletas.
- Empacadora: similar a las empacadoras de chicle confitado y dulce duro, por medio de un eje con mordazas empaca individualmente cada chocolate. A continuación se muestra una vista lateral de una máquina empacadora de productos.

Figura 17. Vista lateral de empacadoras de productos



Fuente: Propuesta

Para todas las áreas involucradas los sistemas necesarios para el funcionamiento de la maquinaria antes mencionada son:

Banda

- Sistema de aire comprimido: compresor, secador, tuberías, válvulas, unidades de mantenimiento, cilindros y actuadores neumáticos, etc.
- Sistema de vapor: caldera, tuberías, válvulas, mangueras, trampas de vapor, condensador, etc.
- Sistema de aire acondicionado: compresores, tuberías, válvulas, radiadores, etc.
- Sistema de alimentación y refrigeración de agua: bombas de agua, tuberías, válvulas, refrigeradores, radiadores, etc.

3.3.1 Eficiencias de líneas de producción

La determinación de las eficiencias de las líneas de producción se basa en la operación más lenta de la línea (cuello de botella) dependiendo del balance de líneas que se realice. En base a la velocidad de cada máquina que es el cuello de botella de la línea, se determina un estándar de producción (producción teórica) que no considera paros de ningún tipo, ni ineficiencias por velocidades bajas, cambios de presentaciones, etc. Esta producción teórica es comparada con la producción real que se realiza en el o los turnos de trabajo y se determina la eficiencia de cada línea de producción dividiendo lo real contra lo teórico.

3.3.2 Pérdidas debido a maquinaria

Durante la operación y producción de las diferentes líneas intervienen variaciones y paros debidos a causas por el proceso y causas inherentes al proceso. Estos paros se convierten en ineficiencias de producción afectando directamente a la eficiencia de la línea, al costo de producción, así como en ocasiones a la calidad del producto. Los paros por maquinaria pueden ser:

- Paros por causas mecánicas.
- Paros por causas operativas.
- Paros por arranques de producción.
- Paros por cambios de producto o presentación.

3.3.2.1 Paros mecánicos y operativos

Durante la operación de una máquina, se pueden presentar dos tipos básicos de paros: paros por causas mecánicas y paros por causas operativas.

Los paros por causas mecánicas se atribuyen al inadecuado funcionamiento de la maquinaria, que este afectando la operación normal de la misma, como consecuencia de la alteración de un mecanismo que requiera de atención del personal de mantenimiento. Estos paros pueden ocasionar deficiencias en la calidad del producto, bajas eficiencias, o en algunos casos el paro de producción.

Los paros de maquinaria por causas operativas son aqueos que se atribuyen a la operación, en algunos casos normal que realiza el operario para mantener el constante funcionamiento de la máquina y la constante producción. La mayoría de estos paros son ajustes de maquinaria, cambios de bobina, cambios de papel, ajustes de dispositivos que no requieran atención del personal de mantenimiento, entre otros. En algunos casos estos paros son de carácter normal, pero en ocasiones suceden paros que por falta de atención o experiencia del operario son repetitivos y ocasionan una deficiencia en la producción.

3.3.2.2 Velocidades inadecuadas

Durante la producción las máquinas y equipos de las líneas poseen una velocidad estándar o normal, que aseguran el funcionamiento adecuado así como la correcta eficiencia de la línea y para cumplir con el plan de producción. En ocasiones estas velocidades son ajustadas debido a causas como: mal funcionamiento de maquinaria, inexperiencia operativa, ajustes por mala calidad, entre otros. Una baja velocidad trae como consecuencia una baja eficiencia tanto de la máquina como de la línea de producción ocasionando retrasos en pedidos.

Una velocidad alta puede ocasionar mala calidad en las características del producto, aunque si este aumento de velocidad se ha logrado a través de la mejora de procesos y operaciones que no estén afectando las características de calidad de los productos, ocasiona una mejor eficiencia y cumplimiento en los pedidos.

3.3.2.3 Arranques y cambios de producto

La mayoría de maquinas y equipos requieren de un tiempo prudente para iniciar a producir después de estar sin funcionamiento. Este tiempo se le conoce como arranque de maquinaria, y en algunas ocasiones se debe a operaciones como: ajustes antes de iniciar la producción, limpieza, calentamiento de algunos dispositivos para su funcionamiento normal, inicio de producción con velocidades bajas, etc. Es a este tiempo en que la máquina se encuentra sin operar normalmente al que se le denomina arranque de maquinaria, que al no ser controlado o eliminado repercute en la eficiencia de producción.

Basándose en la planificación de la producción, en ocasiones es necesario realizar ajustes en algunas máquinas para poder producir determinado tipo o presentaciones distintas de productos. Al tiempo necesario para poder ajustar una máquina para que sea capaz de producir determinado producto, se le llama tiempo por cambio de producto o por cambio de presentación. Si este tipo de ajustes no es estandarizado puede causar retrasos en la producción, ya que durante la planificación se consideran tiempos estándares para realizar los cambios. Al igual que la mayoría de paros si son demasiado largos los tiempos de cambio ocasionan baja eficiencia, o en ocasiones por algún mal ajuste durante el cambio puede ocasionar futuros paros, velocidades inadecuadas o mala calidad en el producto.

3.3.3 Mantenimiento

La gestión del mantenimiento es realizada por el encargado del departamento y ejecutada por el personal de mantenimiento. El departamento de mantenimiento tiene a su cargo velar por el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipo, así como del mantenimiento de las instalaciones, realizando mantenimiento de tipo preventivo y correctivo.

3.3.3.1 Correctivo emergente

Este tipo de mantenimiento es realizado cuando el funcionamiento de la maquinaria pone en riesgo la seguridad de operación, calidad del producto o que pueda provocar daños al equipo y que requiere atención inmediata.

3.3.3.2 Preventivo

El mantenimiento preventivo son servicios de inspección, control, conservación y restauración de un equipo con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas mecánicas por desgaste, envejecimiento o fatiga.

3.3.3.3 Correctivo programado

Este tipo de mantenimiento sucede cuando el funcionamiento del equipo se encuentra fuera de las condiciones normales pero dentro de los parámetros de seguridad que permitan seguir con el funcionamiento de la máquina o equipo realizando la tarea correctiva en un tiempo de paro programado que no requiere atención inmediata.

3.4 Diagnóstico

3.4.1 Análisis FODA (Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) de la organización

En la tabla siguiente se muestra un análisis FODA realizado a Industria Procesadora de Guatemala S.A., si es implementado la metodología six sigma en los procesos de producción y tomando en cuenta una propuesta de mantenimiento autónomo para maquinaria y equipo.

Tabla II. Análisis FODA de la organización con la implementación de la metodología Six Sigma en las líneas de producción y propuesta de un programa de mantenimiento autónomo

<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none">• Crecimiento del personal a nivel de conocimientos.• Creación de liderazgo y trabajo en equipo.• Reducción de defectos, costos y paros de producción.• Aumento de la satisfacción del cliente.• Utilización de six sigma como herramienta de mejora continua y herramienta de mutuo apoyo con la norma ISO 9001:2000.	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none">• Crecimiento de la organización.• Atracción de más clientes.• Aumento de la competitividad.• Posicionamiento de mercado.
<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none">• Falta de participación del personal.• Poco interés operativo o administrativo.• Principios teóricos del proyecto difícil de entender a nivel operativo.	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none">• Competidores.• Baja demanda en el sector de alimentos de confitería.• Otras herramientas, que pudieran desplazar a la filosofía six sigma.

3.4.2 Diagnóstico de producción

Uno de los objetivos de la metodología *six sigma* es la reducción de los defectos que conlleva a disminuir la variación de procesos. El análisis de este defecto se realiza por medio de un diagrama de causa-efecto utilizando la metodología 6Ms (materiales, método, maquinaria, medición, medio ambiente, mano de obra) para descubrir las posibles causas de los defectos que suceden durante la producción (ver anexo 10).

La variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto debemos investigar para identificar las causas del mismo.

➤ **Materiales**

Los materiales (materia prima y material de empaque) en ocasiones suelen llegar fuera de especificaciones o defectuosos, ocasionando con esto la deficiencia en la producción, además de la baja en el rendimiento del material y con esto el aumento de costos de los lotes de producción. Otro aspecto es la falta de existencia de materia prima en la bodega, esto trae como consecuencia la alteración de la programación de la producción, paros de producción, etc. Un factor importante en este tema son los proveedores, si los materiales y materias primas ingresan sin las características adecuadas al proceso de producción se originarán errores, desperdicios, altos costos, etc., por lo que es de vital importancia que la relación proveedor-organización sea mutuamente beneficiosa y hacerlos saber de la importancia de sus productos para optimizar los procesos de producción.

➤ **Método**

Con la introducción de la automatización a la planta de producción, algunas operaciones y procedimientos resultan deficientes en la etapa inicial, y no han sido estudiados para aumentar la eficiencia del mismo. Además algunas operaciones son las más críticas (donde se generan los factores críticos de calidad CTQs) y se convierten en una oportunidad de generar un defecto, y la falta de seguimiento origina que no sean controladas estas operaciones.

➤ **Mano de obra**

Por la forma de trabajo de la organización, el personal operativo sufre de muchas rotaciones de puestos y a la vez rotación de personal, ocasionando con esto la falta de especialización y manejo de la maquinaria. Además se ven deficiencias en la capacitación de los operarios en sus puestos, por lo cual que lleguen a ser especialistas, que conozcan la forma de operación de las máquinas y con esto disminuir los paros de producción. Otros factores como cansancio, no motivación, entre otros, origina que los operarios no inspeccionen el producto en proceso y con esto se originen defectos en el producto final.

➤ **Maquinaria**

La mayoría de los paros de producción son originados por paros de maquinaria, algunas veces originados por fallas mecánicas y otros por origen operativo. Además existe muy poca confiabilidad en algunas maquinas y equipos para que operen de forma continua, el origen de esto puede ser por mal manejo operativo, por depreciación de la maquinaria o por mantenimientos deficientes tanto correctivos como preventivos.

➤ **Medición**

En los procesos de producción las variables más importantes como el peso del producto, la temperatura del ambiente, el porcentaje de humedad, etc., son muestreadas y recolectadas durante la producción, pero no se ha dado la importancia del control del proceso. Los operarios no saben o comprenden la importancia y determinación de los límites de especificaciones, y dentro de esta medición no se han establecido los límites de control del proceso, para que este sea capaz y verificar su desempeño.

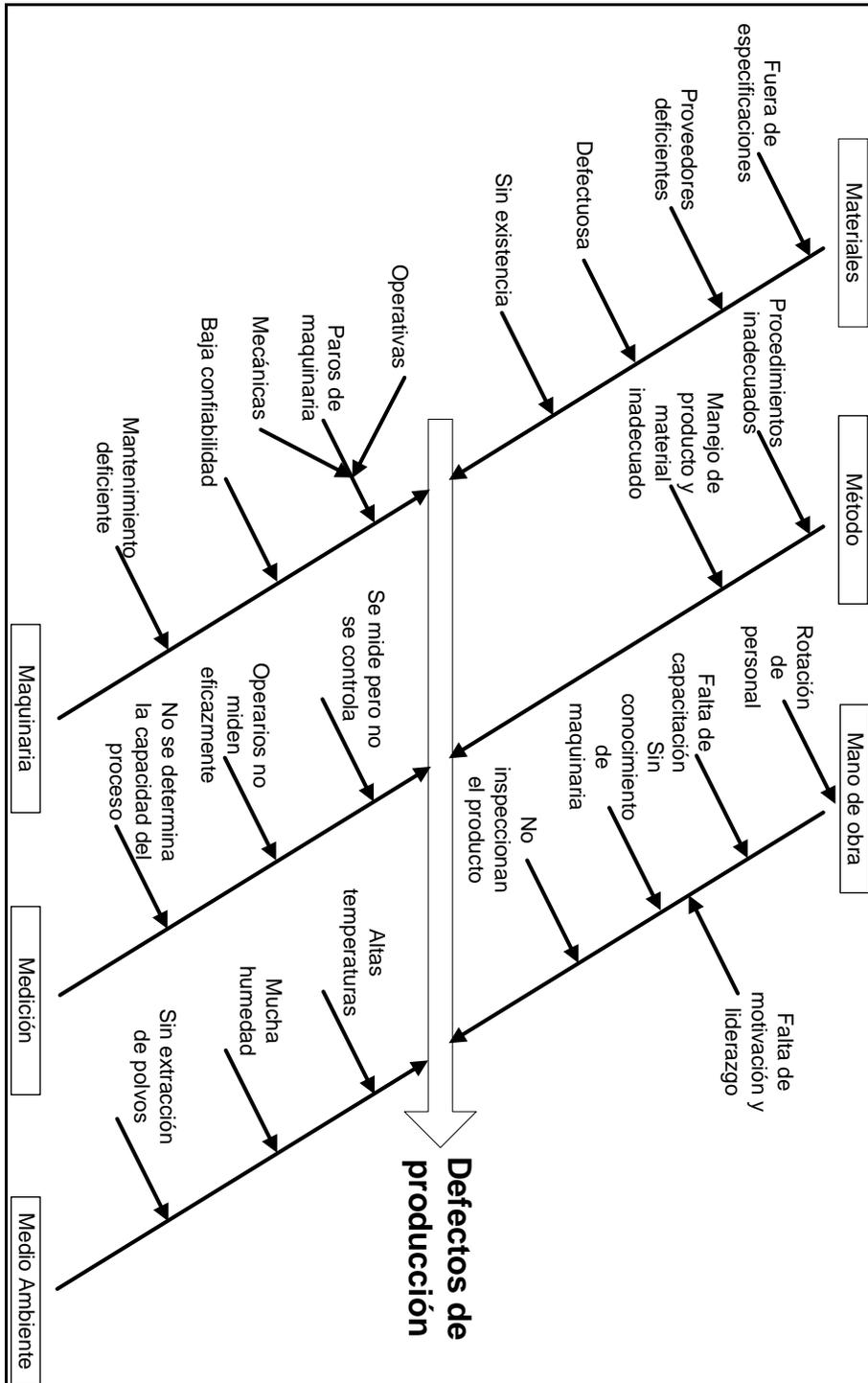
➤ **Medio ambiente**

Algunos sectores de la planta muestran deficiencias para el control de la temperatura, que en algunos casos es crítico por el tipo de producto que se maneja, ocasionando con esto un producto que no cumple con las características adecuadas o en algunas ocasiones paros de producción, por la dificultad del manejo del producto.

A continuación se presenta la siguiente figura que demuestra un diagrama de Ishikawa, el cual analiza los defectos en las líneas de producción de Industria Procesadora de Guatemala S.A.

3.4.2.1 Diagrama de Ishikawa defectos de producción

Figura 18. Análisis de defectos de producción



3.4.3 Diagnóstico de mantenimiento

El mantenimiento autónomo establece la participación de los operarios de maquinaria como ejecutores del mantenimiento preventivo, predictivo y en algunas situaciones correctivo, para que los tiempos improductivos por paros de maquinaria sean minimizados y que no se dependa tanto del departamento de mantenimiento. El principal problema a solucionar, son las pérdidas de producción que se generan por causas mecánicas y operativas.

➤ Materiales

Al igual que en los defectos de producción, la mala calidad en los materiales origina pérdidas de producción, desperdicio de material (mermas), baja producción (menores cantidades a la programadas), etc., y la falta de materias primas en inventario, ocasiona varios cambios de productos con el fin de no detener la producción ocasionando con esto, contratiempos y mala planeación cuando se deben de realizar cambios de presentaciones, así como tiempos improductivos innecesarios.

➤ Método

La regulación de los cambios de presentaciones y de las velocidades de operación de la maquinaria, no están del todo establecidos dentro de estándares normalizados dentro de la empresa. Si bien existen algunos tiempos, no son de cierta manera los más apropiados o los más correctos. Además en algunas situaciones no son programados estos cambios de manera adecuada surgiendo tiempo de paros de maquinaria más allá de los previstos.

➤ **Mano de obra**

La falta de trabajo en equipo en las líneas de producción y la falta de conocimientos en ocasiones provoca la falta de especificaciones de producto en proceso o producto terminado, ocasionando con esto rechazos de producto y en consecuencia la repetición de trabajos con el objetivo de reparar los errores ocasionados.

➤ **Maquinaria**

Las fallas en maquinarias ocasionan pérdidas en producción significativas. Las más perjudiciales suelen ser las fallas por arranque y las fallas drásticas, donde el ajuste de la maquinaria suele llevar varios minutos o incluso horas.

➤ **Medición**

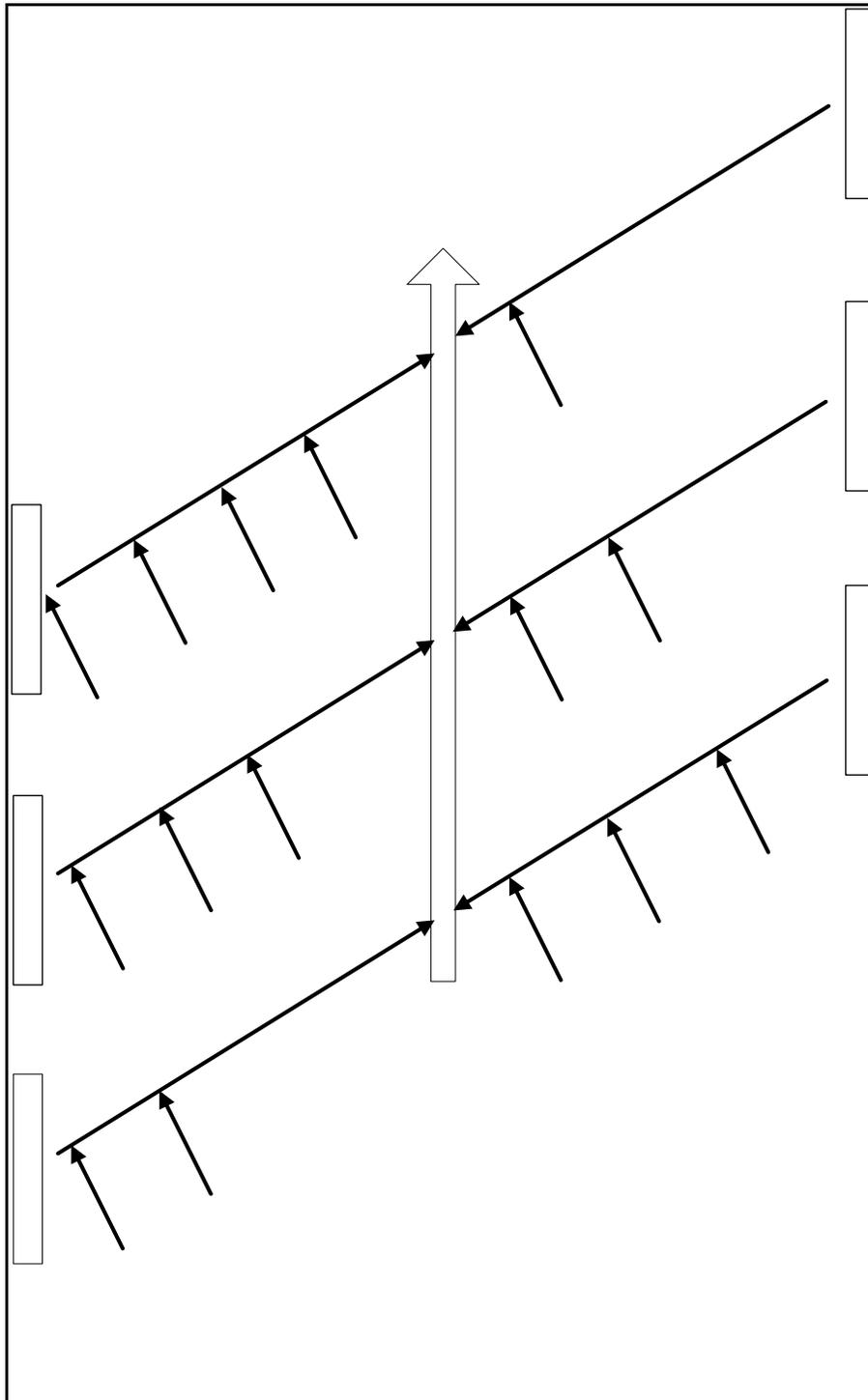
La calibración de equipos auxiliares que ayudan a controlar las variables del proceso suelen en algunas ocasiones estar descalibrados, y no se les realiza un adecuado mantenimiento y calibración profesional. Además a pesar de que se lleva un control de los paros de maquinaria, en ocasiones no son reportados todos los paros ocasionando con esto la mala información de la eficiencia de las líneas.

➤ **Medio ambiente**

Las instalaciones de la planta no permiten controlar las temperaturas de algunos procesos ocasionando con esto deficiencias en la producción y en las características del producto.

3.4.3.1 Diagrama de Ishikawa desperdicios de producción

Figura 19. Análisis de pérdidas de producción



60

obra

to
ria

e trabajo
quipo

**Pérdidas de
producción**

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

4.1 Desarrollo de grupos kaizen en los procesos de producción

La creación de equipos para el desarrollo de proyectos de mejora es un pilar de la metodología *Six Sigma*. El desarrollo de estos proyectos requiere tanto el análisis y la utilización de herramientas técnicas como la implementación de la creatividad de todos los miembros del grupo. Los objetivos que se persiguen al desarrollar los grupos *kaizen* son:

- Solucionar problemas y desarrollar mejoras en los procesos de producción.
- Desarrollar el liderazgo y motivación dentro de los grupos.
- Crear un ambiente de trabajo en equipo.
- Desarrollar a nivel profesional y administrativo a todos los integrantes del grupo.

La selección de las personas adecuadas para integrarse a los equipos, la capacitación, entrenamiento, desarrollo de habilidades y reconocimientos, son aspectos a considerar para el buen funcionamiento de los grupos *kaizen*.

4.1.1 Programas de capacitación

Para el desarrollo de un programa de capacitación se describirá el puesto de cada integrante del grupo, las competencias, sus funciones y responsabilidades, es decir, desarrollar la descripción y perfil del puesto.

4.1.1.1 Champion (líder)

Se designará al Gerente General de la empresa, estará íntimamente relacionado con la filosofía y utilizará las herramientas de *six sigma*. Seleccionará los proyectos a realizar estableciendo objetivos medibles y proporcionando recursos para la ejecución de los proyectos (dirección estratégica).

➤ Competencias

- Alto directivo de la organización.
- Estudios completos a nivel universitario.
- Manejo de herramientas estadísticas.
- Líder de la organización.
- Autoridad y personalidad.

➤ Funciones

- Dirigir la implementación de *six sigma*.
- Seleccionar proyectos específicos.
- Establecer planes y objetivos para los proyectos *six sigma*.
- Asignar los recursos necesarios a los proyectos.

➤ Programa de capacitación

- Generalidades y principios de *six sigma*.
- Beneficios y casos de estudio.
- Roles y responsabilidades de un *champion*.
- Planeación de mejora de procesos (metas y objetivos), y selección de proyectos.
- Como implementar la filosofía *six sigma*.

- Herramientas y métodos de *Six Sigma*.

4.1.1.2 Master black belt (maestros cintas negras)

Será el Gerente de Producción de la empresa, proveerá el liderazgo técnico a los equipos de trabajo, asesorando a los *black belts* tanto en herramientas estadísticas como en las metodologías de *six sigma*.

➤ Competencias

- Estudios completos a nivel universitario.
- Sólidos conocimientos de estadística.
- Manejo avanzado en la utilización de herramientas y métodos de *six sigma*.
- Conocimientos en herramientas de mejora.

➤ Funciones

- Responsable de la estrategia de los proyectos *six sigma*.
- Manejar los resultados de los proyectos.
- Desarrollar, capacitar y guiar a los equipos de trabajo.

➤ Programa de Capacitación

- Introducción a *six sigma*.
- Glosario.
- Estadística básica y avanzada.
- Herramientas estadísticas para el control de calidad.
- Enfoques de *six sigma*.
- Roles y responsabilidades de *black belt*.
- Metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y herramientas para cada etapa.

- Definir.
- Medir.
- Analizar.
- Mejorar.
- Controlar.
- Administración de proyectos.

4.1.1.3 Black belt (cintas negras)

Es el Gestor de Calidad, asesorará tiempo completo a los *green belt*, les provee orientación técnica. Será el encargado del desarrollo de los proyectos analizando los factores de tiempo, calidad y costos, es decir, administrará técnicamente los proyectos.

➤ **Competencias**

- Capacitación y entrenamiento en *six sigma*.
- Conocimiento avanzado en herramientas y métodos DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar).
- Manejo avanzado en la utilización de herramientas y métodos de *six sigma*.
- Liderazgo, comunicación y motivación desarrollados.

➤ **Funciones**

- Análisis técnico en los proyectos *six sigma*.
- Aplicación de sus conocimientos a nivel individual o como líderes de equipo.
- Guiar y desarrollar a los *green belt*.
- Asesorar a los equipos de trabajo.

➤ Programa de Capacitación

- Introducción a *six sigma*.
- Glosario.
- Estadística básica y avanzada.
- Herramientas estadísticas para el control de calidad.
- Enfoques de *six sigma*.
- Roles y responsabilidades de *black belt*.
- Metodología DMAIC y herramientas para cada etapa.
 - Definir.
 - Medir.
 - Analizar.
 - Mejorar.
 - Controlar.
- Selección y ejecución de proyectos.

4.1.1.4 Green belt (cintas verdes)

Se desarrollarán tres *green belt*, los cuales serán los supervisores de cada proceso de producción y serán los líderes de los equipos de trabajo. Junto con sus equipos deben de desarrollar la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar), para la ejecución de proyectos. Son los encargados del liderazgo y motivación de sus equipos.

➤ Competencias

- Capacitación en herramientas y metodología básicas de *six sigma*.

➤ Funciones

- Desarrollar con éxito los proyectos *six sigma*.
- Trabajar en los proyectos a tiempo parciales.

- Liderar a los equipos de trabajo.

➤ **Programa de capacitación**

- Introducción a *six sigma*.
- Glosario.
- Base estadística de *six sigma*.
- Herramientas estadísticas para el control de calidad.
- Enfoques de *six sigma*.
- Roles y responsabilidades de *green belt*.
- Liderazgo.
- Metodología DMAIC y herramientas para cada etapa.
 - Definir.
 - Medir.
 - Analizar.
 - Mejorar.
 - Controlar.

4.1.1.5 Team six sigma (equipos seis sigma)

Como miembros de los equipos de trabajo estarán: operarios de todas las líneas de producción que tengan el deseo de participar y trabajar en equipo.

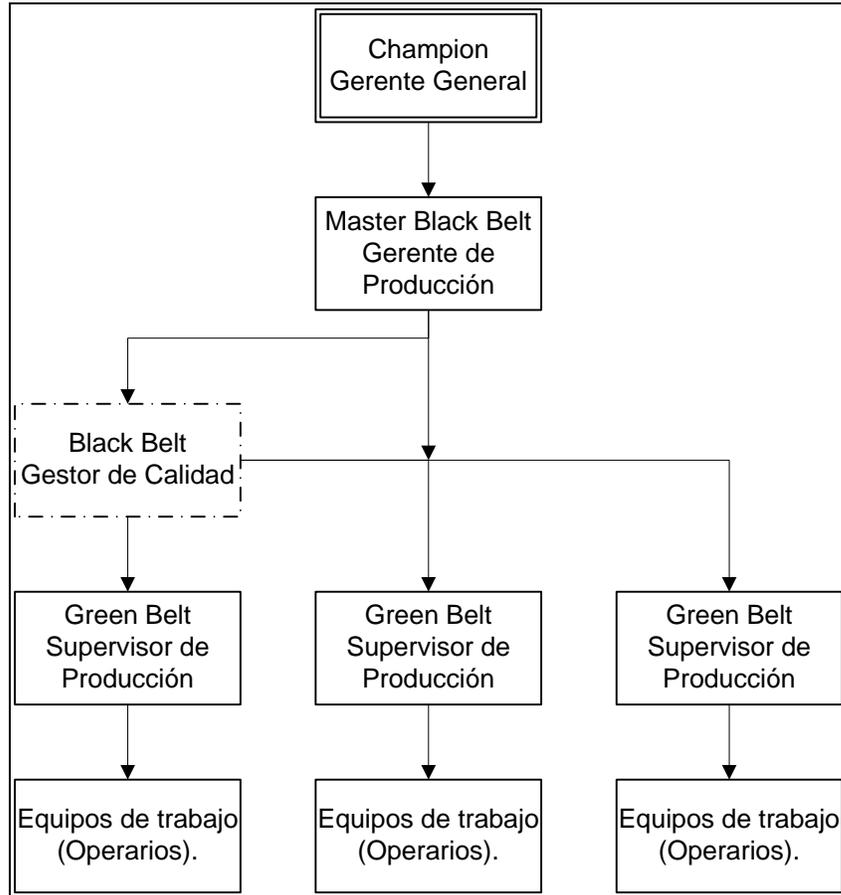
➤ **Competencias**

- Desarrollarse en cualquier área funcional de la organización.
- Motivación y trabajo en equipo.

➤ **Funciones**

- Apoyar en los proyectos de *six sigma*.
- Trabajar en los proyectos a tiempo parciales.

Figura 20. Estructura de grupo Kaizen de Industria Procesadora de Guatemala S.A.



Fuente: Propuesta.

En la figura anterior se representa el nivel de autoridad del grupo *kaizen* desarrollado en Industria Procesadora de Guatemala S.A (ver anexo 12). El gestor de calidad que en este caso es el *black belt*, se delimita con una línea punteada ya que su función es de asesor y facilitador de cada equipo de trabajo que representa un área de producción de la organización.

4.2 Six sigma y DMAIC (define, measure, analyze, improve, control) en producción

La implementación de *six sigma* en los procesos de producción tiene como principal objetivo la disminución de defectos. El primer paso para iniciar *six sigma* es desarrollar el ciclo de mejora DMAIC por parte de los grupos kaizen en los procesos de producción.

4.2.1 Definir

La definición consiste en la realización de un plan, en este caso sobre la disminución de defectos, especificando como mínimo lo siguiente:

- Proceso o procesos seleccionados para el desarrollo del proyecto.
- Breve descripción del proyecto a desarrollar.
- Objetivos del proyecto.
- Estimación de la reducción de costos.
- Recursos a utilizar.
- El alcance del proyecto.
- Los beneficios que el cliente recibirá con el desarrollo del proyecto.
- Cronograma o fechas de culminación del proyecto.

La información descrita anteriormente se puede resumir en un formato llamado “carta del proyecto”, o como se conoce comúnmente por su traducción al inglés *project charter*. A continuación se presenta una carta del proyecto para la reducción de defectos en los procesos de producción de Industria Procesadora de Guatemala S.A.

Figura 21. Formato para realizar carta de proyectos.

INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA. DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN.					
PROJECT CHARTER (CARTA DEL PROYECTO)					
1 Proceso Proceso seleccionado para mejorar:		Proceso de chicle confitado, chicle tableta, dulce y galleta.			
2 Descripción: Propósito y metas para el proyecto:		Reducir los defectos que se generan en las líneas de producción.			
3 Objetivo: Mediciones del proyecto:	Parametros	Mediciones	Valor Actual	Meta	Medición
	Defectos de producción.	Defectos, oportunidades.	220	3.4	dpmo
	Nivel Sigma	dpmo y valores sigma.	5	6	Sigma
4 Retorno/Valor Impacto financiero esperado:	Parametros	Impacto en la mejora			Retorno
	% mermas	Disminución de producto que ya no se pueda reprocesar.			Q*Kg
	% reciclado	Disminución de producto que se puede reprocesar.			Q*Kg
5 Equipo Nombres y responsabilidades:	Puesto	Grupo Kaizen	Responsabilidad		
	Gerente General	Champion	Definición del proyecto y establecimientos de objetivos.		
	Gerente de Producción	Black Belt	Asesorar y supervisar el desarrollo del proyecto.		
	Supervisor de Dulce	Green Belt	Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto.		
	Supervisor de Chicle	Green Belt	Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto.		
	Encargado de Galleta	Green Belt	Medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto.		
	Asistente de Producción	Green Belt	Medir, analizar y administrar el proyecto.		
	Operarios	Team Six Sigma	Medir y controlar el proyecto.		
6 Alcance Alcance del proyecto, que esta incluido y que excluido:		Desde la recepción de materias primas hasta el producto terminado.			
7 Beneficio del cliente Mejora que el cliente notara.		Percebir el producto con las características de calidad requeridas por ellos, aumentando su satisfacción.			
8 Cronograma Fechas de fase y culminación.	Fase del proyecto	Herramientas	Responsable	Fecha	
	Definir	Project Charter (carta del proyecto).	Gerente General	Jul 2007	
	Medir	Formatos de toma de variables y datos.	Supervisores, Asistente y Operarios	Ago 2007	
	Analizar	Diagramas de analisis.	Gerente de Producción y Supervisores.	Ago 2007	
	Mejorar	Plan de Mejora	Gerente de Producción y Supervisores.	Sep 2007	
	Controlar	Plan de Control y formatos.	Todos.	Nov 2007	

La definición de los proyectos siempre debe de considerar el aumento de la satisfacción del cliente (principio de “enfoco al cliente”), determinando y entendiendo sus necesidades con respecto al producto y al servicio, es decir, establecer sus requerimientos. Una forma básica para determinar las necesidades de los clientes es a través del análisis de los factores críticos de calidad que ocurren en los procesos.

Un factor crítico de calidad (CTQ – *Critical To Quality*) es aquel que puede repercutir en la percepción del cliente y en consecuencia en su satisfacción. En los procesos de producción durante las actividades de transformación de un producto y en cada operación de la línea, existen factores y operaciones críticas que deben ser controlados. Para la determinación de factores críticos de calidad en un proceso se utilizan dos técnicas (ver anexo 1):

1. Mapeo de procesos.
2. Diagrama de flujo de procesos.

El objetivo de utilizar estas dos herramientas es identificar las operaciones que podrían generar algún defecto o que generen variación en un proceso.

En las siguientes figuras a través del mapeo de procesos, se identificaron las entradas, salidas, las operaciones de producción y los posibles defectos (enumerados en cada figura) que pueden ocurrir en cada operación de los procesos de confitado, tableta, dulce y galleta.

Embolsado y
enfardado

Empaque

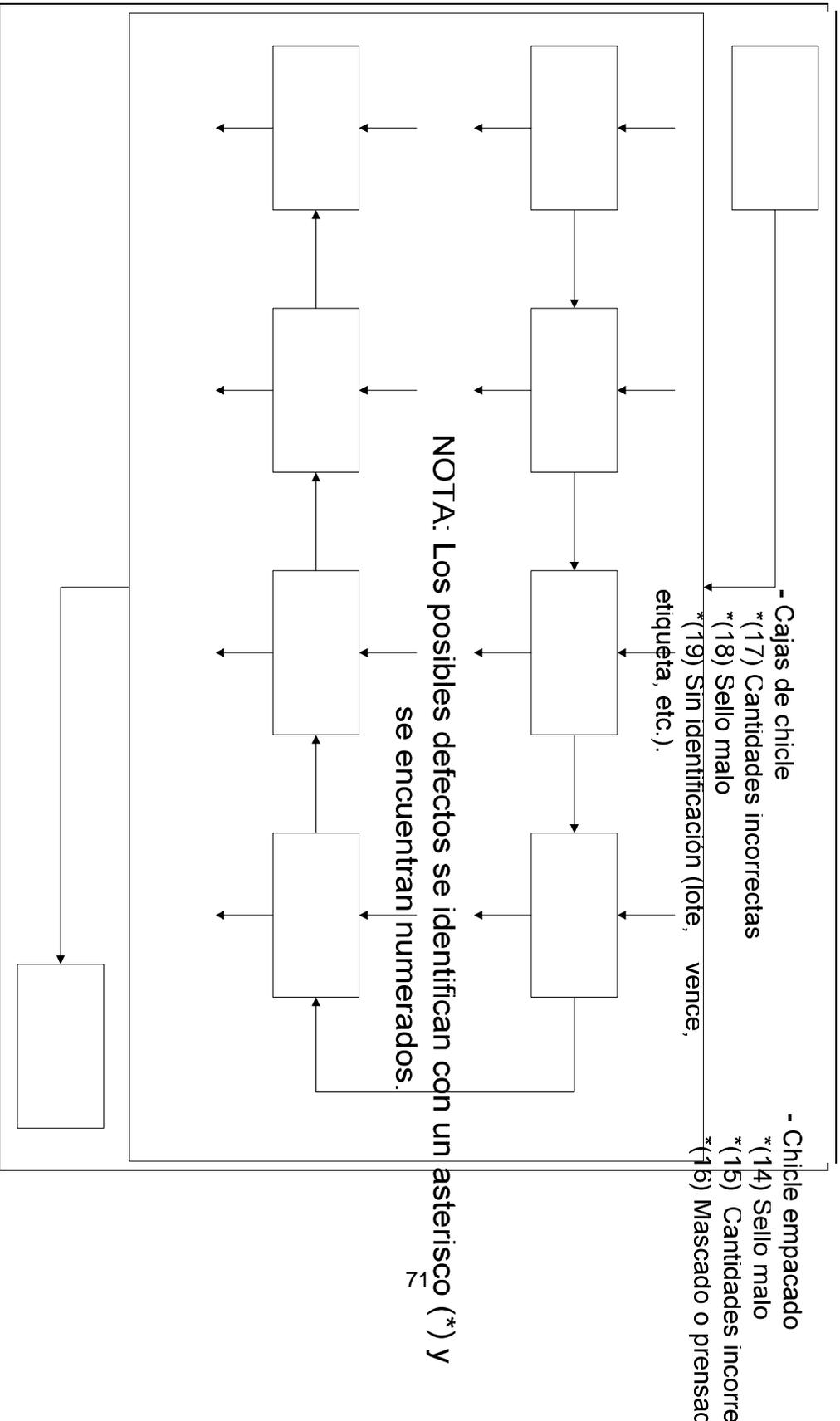


Figura 22. Mapeo del proceso de chicle confitado

Figura 23. Mapeo del proceso de chicle tableta

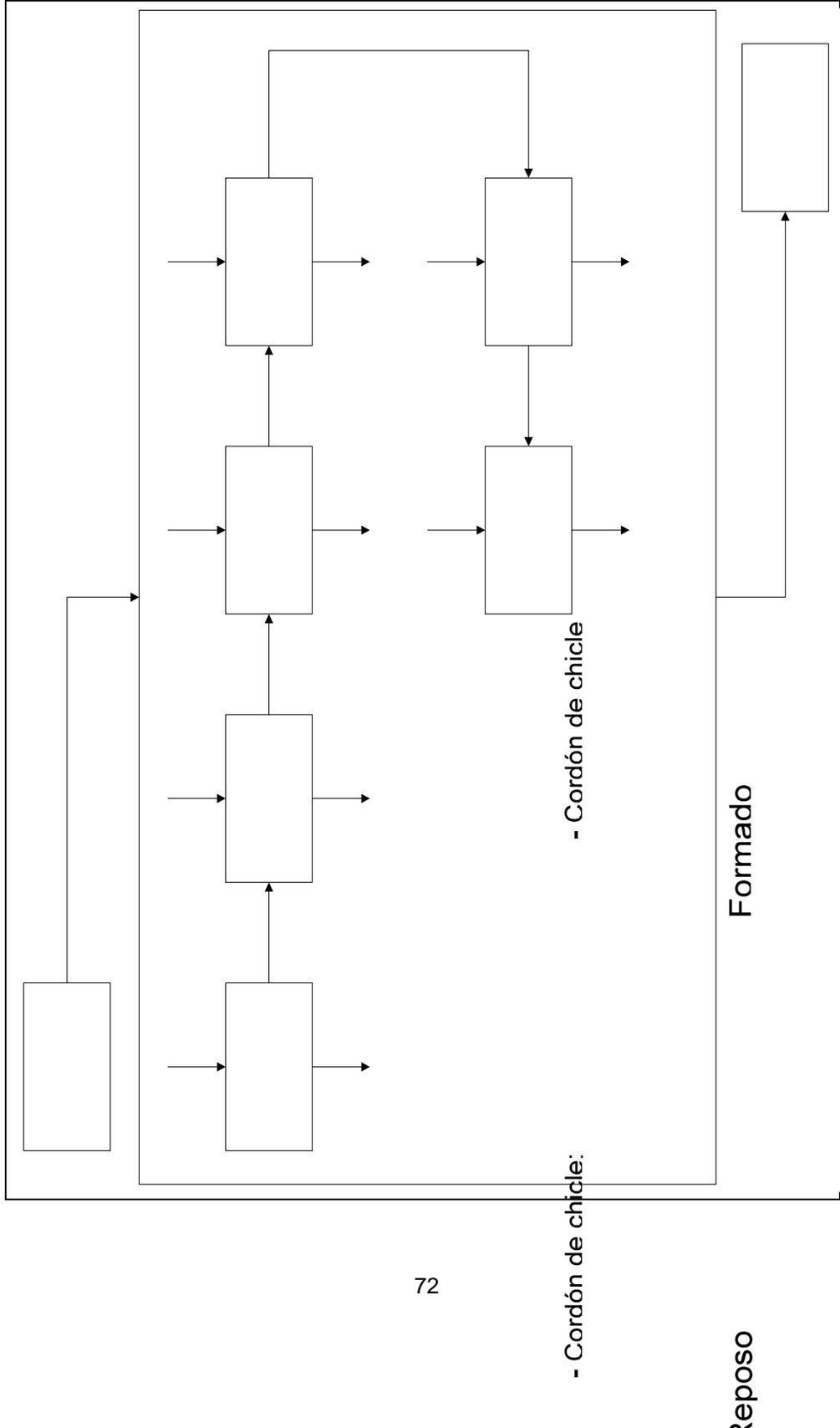
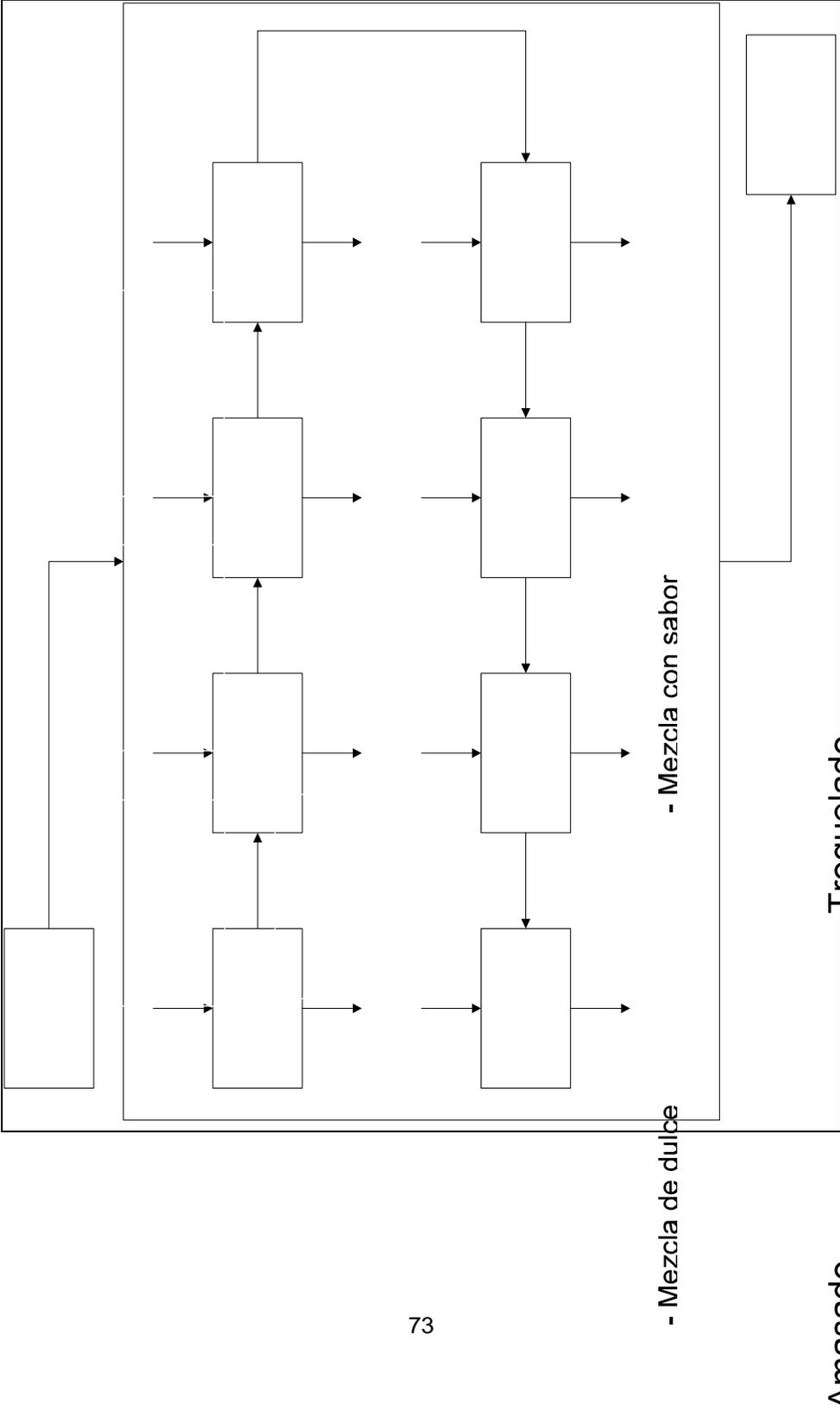
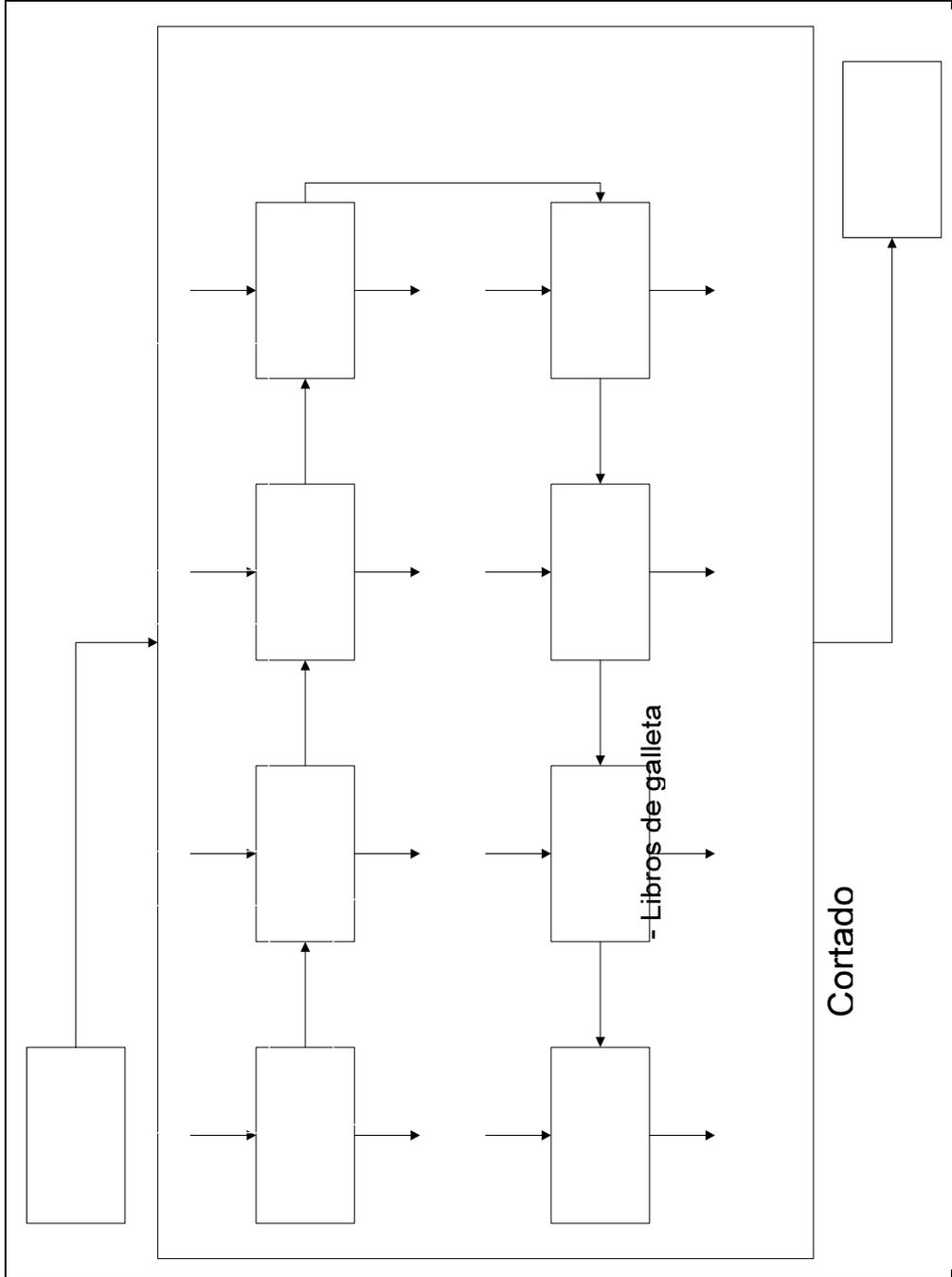


Figura 24. Mapeo del proceso de dulce



- Mezcla con sabor
- *(6) Consistencia inadecuada
- Dulces, bombones, paletas
- *(7) Peso inexacto.
- *(8) Deformes/quebrados

Figura 25. Mapeo del proceso de galleta



74

- Obleas
- Crema

Untado

- Libros de galleta
- *(5) Peso inexacto
- *(6) Quebrados

Cortado

- Galletas
- *(7) Peso inexacto
- *(8) Quebradas
- *(9) Dimensiones inexactas
- *(10) Mal formadas

- Galletas cubiertas

- Galletas

En las figuras anteriores que representan el mapeo de los procesos, se enumeran los posibles defectos que se pueden generar durante las operaciones y actividades que se realizan desde la materia prima hasta el producto terminado, dependiendo la obtención de defectos de las salidas de la operación anterior. Cada posible defecto representa un factor crítico de calidad "CTQ". Algunos son más perceptibles por los clientes por lo que requieren un mayor control.

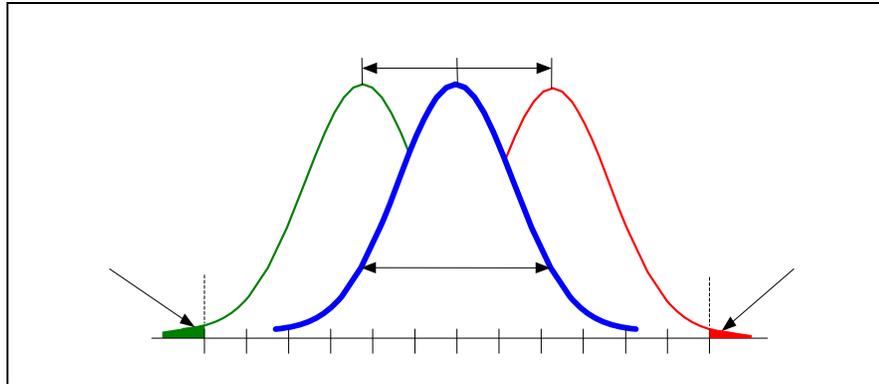
4.2.2 Medir

Para la obtención de un nivel de 3.4 defectos en un proceso, existen tres formas de lograrlo estadísticamente, estas son:

- Un desplazamiento de meta de 0.5 sigma y obteniendo un nivel de calidad de 5 sigma.
- Un desplazamiento de meta de 1.0 sigma y obteniendo un nivel de calidad de 5.5 sigma.
- Un desplazamiento del meta de 1.5 sigma y un nivel de calidad de 6 sigma.

Para una mejor visualización, se presenta la siguiente figura donde las colas sombreadas representan la probabilidad bajo la curva normal de cometer defectos con una calidad de seis veces sigma.

Figura 26. Curva normal y base estadística de six sigma



Shift = Desplazamiento

1.5σ

1.5σ

Cuando hablamos de desplazamiento de meta nos referimos a la variación que es inherente al proceso, es decir, son las causas comunes de variación que afectan directamente al proceso, por ejemplo, la variación en las dimensiones de un papel, la variación del peso de materia prima, etc. Estas variaciones deben ser controladas.

De las tres maneras para obtener 3.4 defectos, la última (desplazamiento de meta 1.5σ y obteniendo un nivel de calidad de 6 sigma) en la mayoría de los casos suele ser la manera más fácil y menos costosa, ya que la reducción de la variación (sigma) en un proceso, depende de muchos factores que en ocasiones es imposible controlarlos, es decir, representa un menor esfuerzo y costo eliminar causas especiales de variación, que eliminar las causas comunes del mismo (ver anexo 2).

Virtualmente cero defectos (3.4 p.p.m)

Variación

6σ 5σ 4σ 3σ 2σ 1σ 0 1σ

Para determinar el nivel sigma de un proceso o una línea de producción, es indispensable conocer tres factores:

- Capacidad de producción de la línea o cantidad de unidades producidas.
- Oportunidades para cometer una unidad defectuosa (determinar factores críticos de calidad).
- Cantidad de unidades defectuosas producidas.

La capacidad de producción de una línea o máquina debe de conocerse para determinar el número de unidades producidas en cierta cantidad de tiempo, o simplemente conocer la cantidad de producción realizada. El número total de unidades producidas se utilizará para poder determinar el valor de “dpmo” (defectos por un millón de oportunidades). A continuación se presenta una tabla con la capacidad por línea de producción de los procesos de Industria Procesadora de Guatemala.

Tabla III. Capacidades de los procesos de producción

Proceso	Máquina	Capacidad
Confitado	Empacadora	600 unidades/min
Tableta	Empacadora	600 unidades/min
Dulce	Empacadora	600 unidades/min
Galleta	Empacadora	200 unidades/min

Fuente: Toma de tiempos y cantidades en producción.

4.2.2.1 Factores críticos de calidad

Durante los procesos de producción intervienen variables y factores críticos que pueden generar un defecto en una unidad producida. Estas variables y factores críticos son posibles determinarlos a través del análisis de los procesos. A continuación se presenta una tabla con los factores críticos de calidad obtenidos a través del mapeo de procesos.

Tabla IV. Factores críticos de calidad (CTQs) por proceso

CTQ	Variable
Proceso de Chicle Confitado	
Mezcla con dureza inadecuada	Temperatura
Cordón poroso	Temperatura
Cordón con agujeros	Temperatura Velocidad
Centros de chicle deformes	Velocidad
Centros de chicle con agujeros	Velocidad Temperatura

Continuación de tabla IV...

Centros pegados	Temperatura Humedad relativa
Peso de centros inexacto	Velocidad
Chicle confitado opaco	Humedad relativa
Chicle confitado manchado	Humedad relativa
Chicle confitado deforme	Humedad relativa Velocidad
Chicles confitados pegados	Humedad relativa
Sello deficiente en chicle empaçado	Temperatura Velocidad
Cantidades por empaque incorrecto	Velocidad Tiempo de entrega
Chicle en empaque mascado o prensado	Velocidad Tiempo de entrega
Cantidades incorrectas por bolsa o caja	Peso
Sello deficiente en bolsa	Temperatura Velocidad
Bolsa o caja sin identificación	
Proceso de Chicle Tableta	
Mezcla con consistencia inadecuada	Temperatura
Color inadecuado de mezcla	
Dimensiones de cordón incorrectas	Velocidad
Alta humedad	Humedad relativa
Dureza inadecuada	Humedad relativa Temperatura
Dimensión de cordón rectangular incorrecto	Humedad relativa
Mal empaque de chicle tableta	Velocidad Tiempo de entrega de máquina
Dimensiones incorrectas	Velocidad
Cantidades incorrectas por bolsa o caja	Peso
Sello deficiente en bolsa	Temperatura Velocidad
Bolsa o caja sin identificación	
Proceso de Dulce	
Batch con falta de cocimiento	Temperatura Tiempo Presión
Peso inexacto	Velocidad
Mezcla de dulce amasada con consistencia inadecuada	Tiempo Temperatura
Dulces, bombones, paletas con peso inexacto	Peso
Dulces, bombones, paletas con peso quebrados o mal formados	Temperatura
Alta humedad en dulce, bombones o paletas	Humedad relativa
Dulces, bombones o paletas con alta temperatura	Temperatura
Dulces, bombones o paletas deformes	Temperatura y Humedad

Continuación de tabla IV...

Dulces, bombones o paletas con mal sello en empaque	Temperatura Velocidad
Dulces, bombones o paletas sin empaque	Velocidad
Cantidades incorrectas por bolsa o caja	Peso
Sello deficiente en bolsa	Temperatura y Velocidad
Bolsa o caja sin identificación	
Proceso de Galleta	
Obleas crudas	Temperatura
Obleas quebradas	Velocidad
Obleas con peso inexacto	Peso
Libros de galleta con crema con peso inexacto	Peso
Libros de galleta con crema quebrados	
Peso inexacto en galletas	Peso
Galletas quebradas	Velocidad
Dimensiones inexactas en galletas	Longitud
Galletas mal formadas	
Galletas sin recubrimiento total	
Cubrimiento de chocolate aguado	Temperatura
Galletas empacadas con mal sellos	Temperatura Velocidad
Galletas empacadas con mal corte de empaque	Velocidad Tiempo de entrega
Cantidades incorrectas por bolsa o caja	Peso
Sello deficiente en bolsa	Temperatura Velocidad
Bolsa o caja sin identificación	

Fuente: **Mapeo de procesos.**

Cada CTQ determinado genera una oportunidad de obtener un defecto durante el proceso de producción, por lo que un defecto se puede definir como aquella unidad producida que no cumple con los requerimientos mínimos para satisfacer la necesidad de un cliente.

Durante el transcurso del tiempo en la realización de los procesos de producción, pueden surgir otras oportunidades de obtener un defecto al igual que se pueden ir controlando unas que en un futuro se puedan descartar.

4.2.2.2 Nivel sigma de los procesos

La cantidad de unidades defectuosas producidas, es un factor que se debe de conocer para poder determinar el desempeño de los procesos. Este dato lo obtienen los operarios de las líneas de producción, inspeccionando de acuerdo a los criterios de calidad que unidad es considerada como defectuosa, y al final de cada turno contabilizar el total de unidades que no cumplieron con las características de calidad.

El método para calcular el nivel sigma de un proceso es el siguiente:

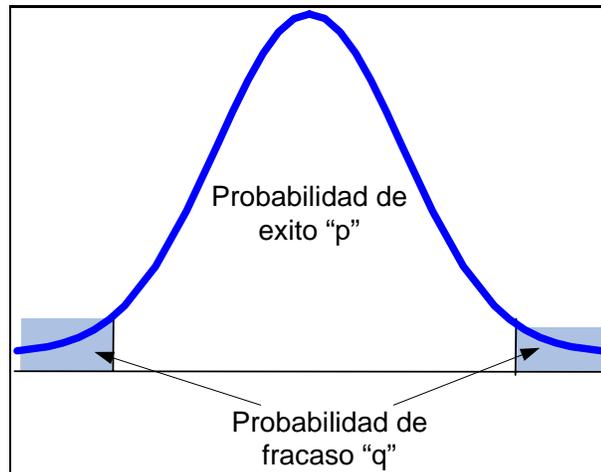
1. Obtener la cantidad de producción realizada, considerando también la producción defectuosa.
2. Determinar la cantidad de producción defectuosa generada.
3. Contabilizar las oportunidades de cometer un defecto, que se pudieron generar durante la producción, apoyándose en el mapeo de procesos anteriormente obtenido.
4. Encontrar los defectos por un millón de oportunidades utilizando la siguiente fórmula:

$$dpmo = \frac{\text{Defectos} \times 1,000,000}{\text{Oportunidades de error} \times \text{Cantidad producida}}$$

La millonésima parte de los defectos por millón de oportunidades (dpmo/1,000,000) representa la probabilidad dentro de la curva normal de obtener producción que se considera defectuosa (probabilidad de fracaso “q”), por lo que la resta de uno menos la probabilidad de obtener producción defectuosa (1 – q), representa la probabilidad de obtener producción sin defectos (probabilidad de éxito “p”).

En la siguiente figura se demuestra las áreas de probabilidades “p” y “q” dentro de la curva normal.

Figura 27. Áreas de probabilidades de éxito y fracaso de la curva normal



Fuente: **Propuesta.**

5. Luego de haber obtenido la probabilidad de éxito “p”, se busca que este dentro de los valores de la curva normal encontrando el valor Z, que concuerde con el valor de probabilidad que buscamos. El valor Z representa la cantidad de sigmas que se separa de la media dentro de la curva normal, por lo que mientras mayor es el valor de Z mayor es el nivel sigma que obtenemos, y mayor es la probabilidad de éxito.

A continuación se muestra un fragmento de la tabla de probabilidades de la curva normal.

Tabla V. Fragmento de la tabla de probabilidades de la curva normal

Z	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.5	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.996	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.997	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9977	0.9978	0.9979	0.998	0.9981
2.9	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99885	0.99889	0.99892	0.99896	0.99899

6. El valor de Z que se obtiene se conoce como nivel sigma a corto plazo (*sigma level short term*), y significa el desempeño de un proceso si no se consideran las variaciones comunes al proceso. Ahora si se considera un desplazamiento de la meta (*shift*) de 1.5 el valor de sigma, el cuál representaría el valor de las variaciones inherentes al proceso y se le suma al valor Z obtenido, se encuentra lo que se conoce como nivel sigma a largo plazo (*sigma level long term*) (ver anexo 6). Por ejemplo, si la probabilidad de éxito “p”, es 0.9979, y se localiza en la tabla normal, nos estará indicando un valor Z de 2.87. Este valor es el nivel sigma a corto plazo, ahora si le sumamos la constante que representa las variaciones comunes de un proceso (1.5) según lo indicado en el inciso 4.1, obtenemos un nivel sigma a largo plazo de 4.37, y es de esta forma considerando el desplazamiento de meta, que podemos alcanzar el nivel de seis sigma (ver otro ejemplo más detallado en anexo 11).

Otra forma más fácil de obtener el nivel sigma de un proceso es apoyándose con una hoja de cálculo, donde solo se deben de ingresar los valores de cantidad producida, cantidad defectuosa, y oportunidades de error y los otros valores se calculan utilizando fórmulas. A continuación se presenta el cuadro de valores dentro de la hoja de cálculo y los formulas a emplear, utilizando como ejemplo el cálculo para encontrar un nivel de seis sigma.

Tabla VI. Cuadro para obtener el nivel sigma de un proceso, utilizando una hoja de cálculo

Factor	Símbolo	Valor	Formula
Cantidad producida	P	1000.00	
Cantidad defectuosa	D	3.40	
Oportunidades de error	OE	1000.00	
Dpmo	dpmo	3.40	$D*1000000/(OE*P)$
Probabilidad de fracaso	q	0.00000340	$dpmo/1000000$
Probabilidad de éxito	p	0.99999660	$1 - q$
Nivel sigma a corto plazo	NScp	4.50	$distr.norm.estand.inv(p)$
Nivel sigma a largo plazo	NSlp	6.00	$NScp + 1.5$

Fuente: **Propuesta de proyecto.**

Durante treinta minutos de muestreo en cada proceso se obtuvo la siguiente tabla, la cuál contiene los datos necesarios para realizar el cálculo de los niveles sigma.

Tabla VII. Muestreo de defectos en los procesos de producción

Proceso	Velocidad	Tiempo de muestreo	Producción	Defectos por unidad	Oportunidades de error
Confitado	600 u/min	30 min	18000 u	417	19
Tableta	600 u/min	30 min	18000 u	175	14
Dulce	600 u/min	30 min	18000 u	215	18
Galleta	200 u/min	30 min	6000 u	105	18

Fuente: **Muestreo en producción.**

Utilizando el proceso de confitado obtenemos:

Cantidad producida	18000.00	
Cantidad defectuosa	417.00	
Oportunidades de error	19.00	
Dpmo	1219.30	$(417)*1000000/(19*18000)$
Probabilidad de fracaso	0.00121930	$1219.30/1000000$
Probabilidad de éxito	0.99878070	$1 - 0.00121930$
Nivel sigma a corto plazo	3.03	$distr.norm.estand.inv(0.9987)$
Nivel sigma a largo plazo	4.53	$3.03 + 1.5$

Realizando los mismos cálculos para los demás procesos se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla VIII. Resumen de cálculos para determinar el nivel sigma por proceso

Proceso	dpmo	q	p	Nivel Sigma a corto plazo	Nivel Sigma a largo plazo
Confitado	1219.30	0.00121	0.99878	3.03	4.53
Tableta	694.44	0.00069	0.99930	3.19	4.69
Dulce	663.58	0.00066	0.99933	3.21	4.71
Galleta	972.22	0.00097	0.99902	3.09	4.59

Fuente: **Resultados obtenidos por medio de hoja de cálculo.**

Del muestreo realizado se pudieron obtener los siguientes datos que representan la cantidad de defectos clasificados por factor crítico de calidad y ordenados de forma descendente.

Tabla IX. Cantidad de defectos de producción del proceso de confitado

Confitado	
Chicle confitado deforme	158
Manchados	95
Con agujeros	73
Pegados	30
Cónicos	20
Opaco	15
Centros deformes	15
Peso inexacto	11

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla X. Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta

Tableta	
Mal empaque	73
Manchados	41
Chicle duro	33
Dimensiones incorrectas	28

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla XI. Cantidad de defectos de producción del proceso de dulce

Dulce	
Deformes	92
Quebrados	65
Mal empaque	33
Alta temperatura	13
Alta humedad	8
Peso inexacto	4

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla XII. Cantidad de defectos de producción del proceso de galleta

Galleta	
Sin o parcialmente sin chocolate	46
Mal cortada/Mal formada	26
Chocolate aguado	12
Galletas pegadas	10
Mal empaque	5
Peso incorrecto	3
Dimensiones Incorrectas	3

Fuente: **Muestreo en producción.**

4.2.3 Analizar

Para el análisis de los procesos se consideraran los datos anteriores contenidos en las tablas IX, X, XI y XII, se utilizan diagramas de Pareto para poder visualizar los datos gráficamente y a la vez determinar los defectos más recurrentes (ver anexo . En las siguientes figuras se muestran estos diagramas por cada proceso.

Figura 28. Diagrama de Pareto de defectos de producción del proceso de confitado

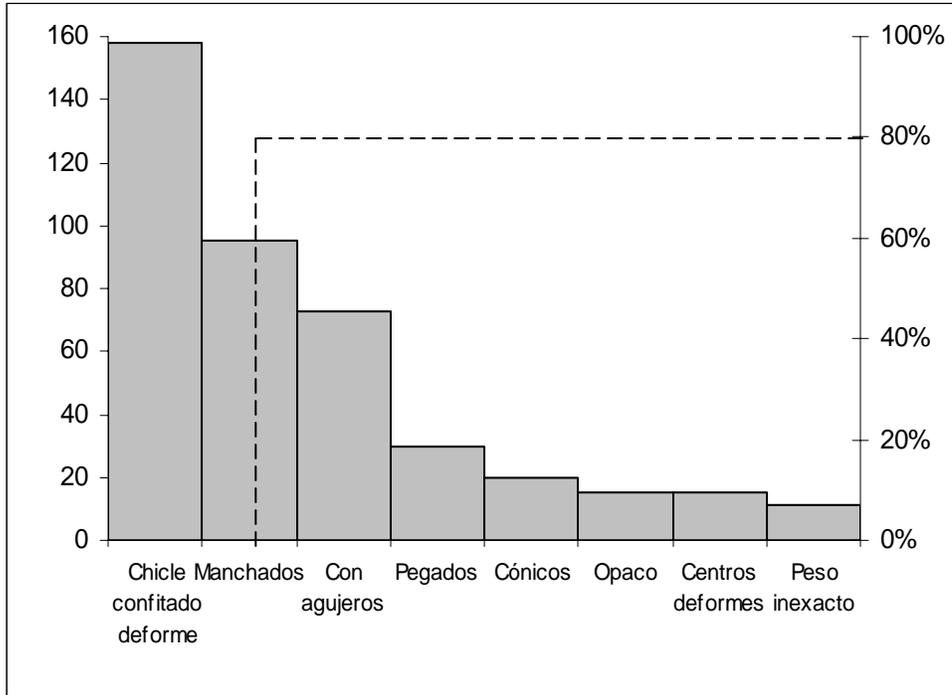


Figura 29. Diagrama de Pareto de defectos de producción del proceso de tableta

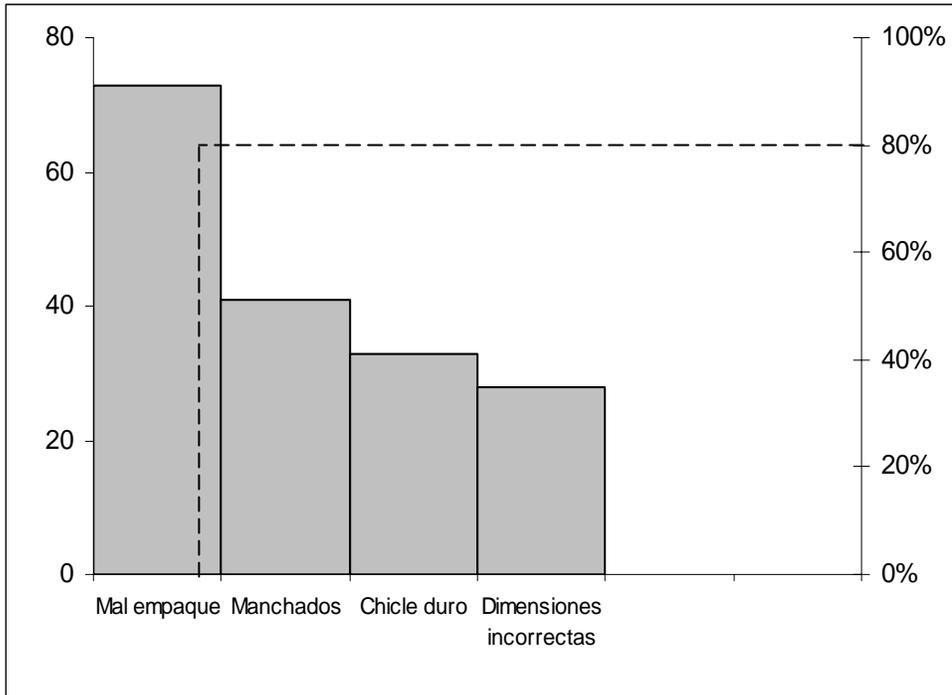


Figura 30. Diagrama de Pareto de defectos de producción del proceso de dulce

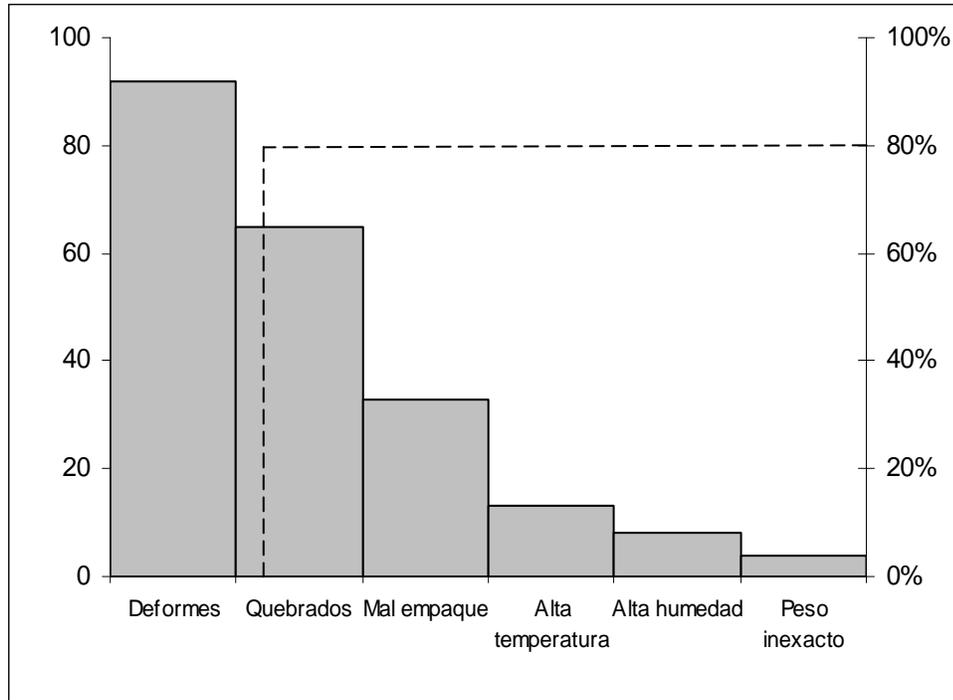
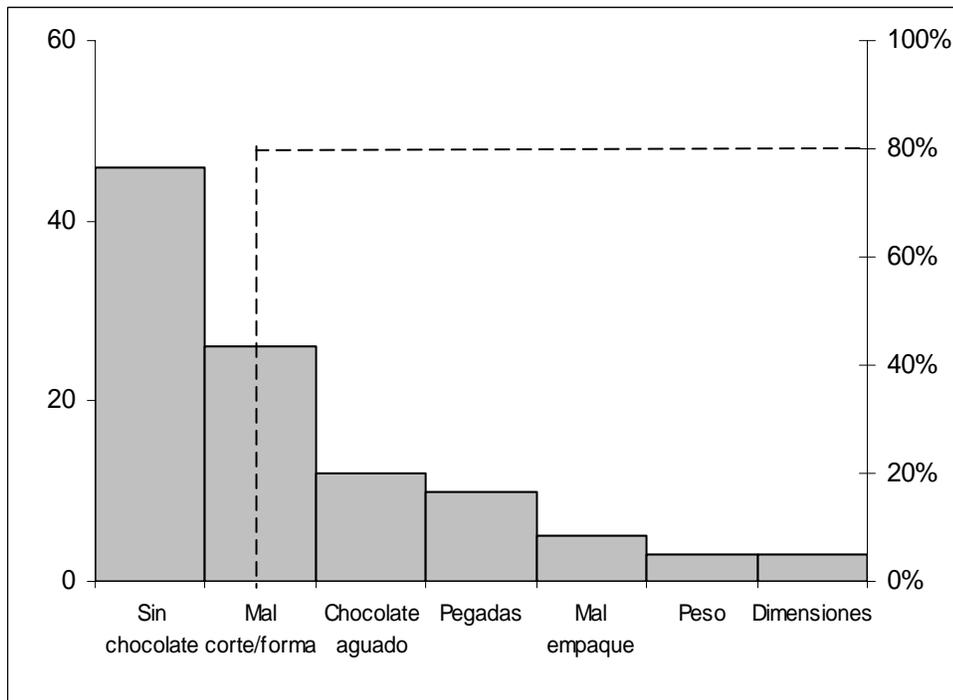


Figura 31. Diagrama de Pareto de defectos de producción del proceso de galleta



A través del análisis de los procesos se obtiene la siguiente tabla resumen, que identifica los problemas que mayor incidencia tienen en el desempeño de los procesos.

Tabla XIII. Resumen de problemas con mayor incidencia en los defectos de producción por proceso

Proceso	Problemas con mayor incidencia en los defectos
Confitado	Chicle confitado deforme, chicle confitado manchado.
Tableta	Male empaque
Dulce	Deformes, quebrados
Galleta	Sin chocolate, mal corte o forma

4.2.4 Mejorar

Después del análisis de los procesos, siguiendo el ciclo de mejora DMAIC, se debe de desarrollar un plan que busque lograr los objetivos y metas que se plantearon en la fase de definición y en la carta del proyecto (ver inciso 4.2).

Para encontrar las posibles mejoras de los problemas de cada proceso, se utiliza la herramienta de tormenta de ideas, siendo los participantes los miembros de los grupos *kaizen*, y a la vez se realiza un diagrama de causa - efecto o de Ishikawa para determinar las causas raíces, generándose simultáneamente las posibles soluciones.

En las siguientes figuras y tablas se presentan los diagramas de causa – efecto, con las posibles soluciones a los problemas.

Figura 32. Diagrama causa – efecto del proceso de confitado

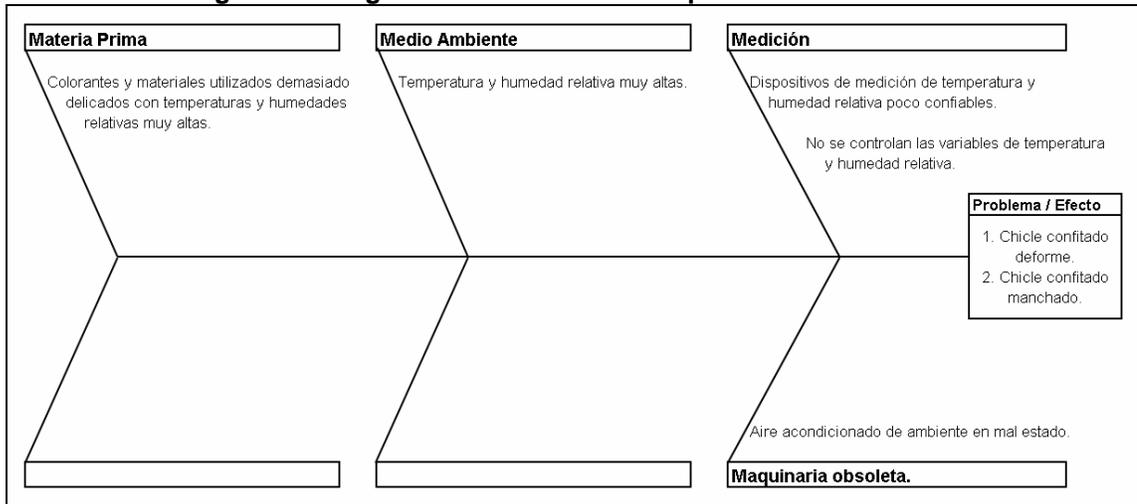


Tabla XIV. Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de confitado

Causa efecto	Posible solución
Colorantes y materiales utilizados demasiado delicados con temperaturas y humedades relativas altas.	Cambiar colorantes y materiales que sean solubles en agua.
Temperatura y humedad relativa muy altas.	Aislar de una mejor manera cuartos refrigerados.
Dispositivos de medición con temperatura y humedad relativa poco confiables.	Realizarles pruebas de confiabilidad y calibrarlos en periodos de tiempo menores.
Aire acondicionado de ambiente en mal estado.	Realizar pruebas de aires acondicionados y repararlos para que sean estables.

Figura 33. Diagrama causa – efecto del proceso de tableta

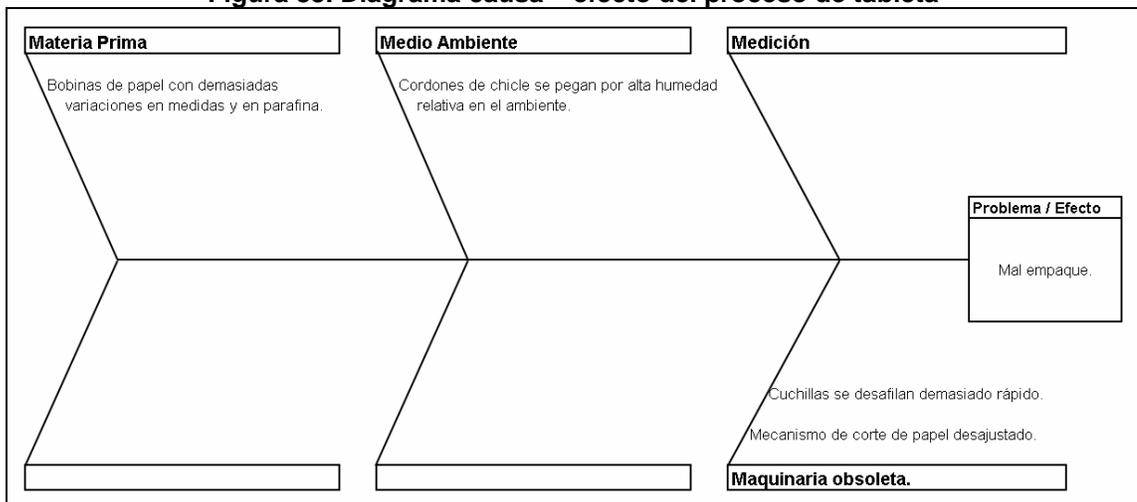


Tabla XV. Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de tableta

Causa efecto	Posible solución
Bobinas de papel con demasiadas variaciones en medidas y parafina.	Realizar pruebas con otro tipo de papel o proveedores para ver el desempeño.
Cordones de chicle se pegan por alta humedad relativa en el ambiente.	Inspeccionar aires de cuartos e iniciar a controlar temperaturas y humedad relativa.
Cuchillas se desafilan demasiado rápido.	Realizar pruebas con otro tipo de material de cuchillas de corte de papel.
Mecanismo de corte de papel desajustado.	Iniciar la posibilidad del cambio de diseño o el cambio de piezas del mecanismo de corte y entrega del papel.

Figura 34. Diagrama causa – efecto del proceso de dulce

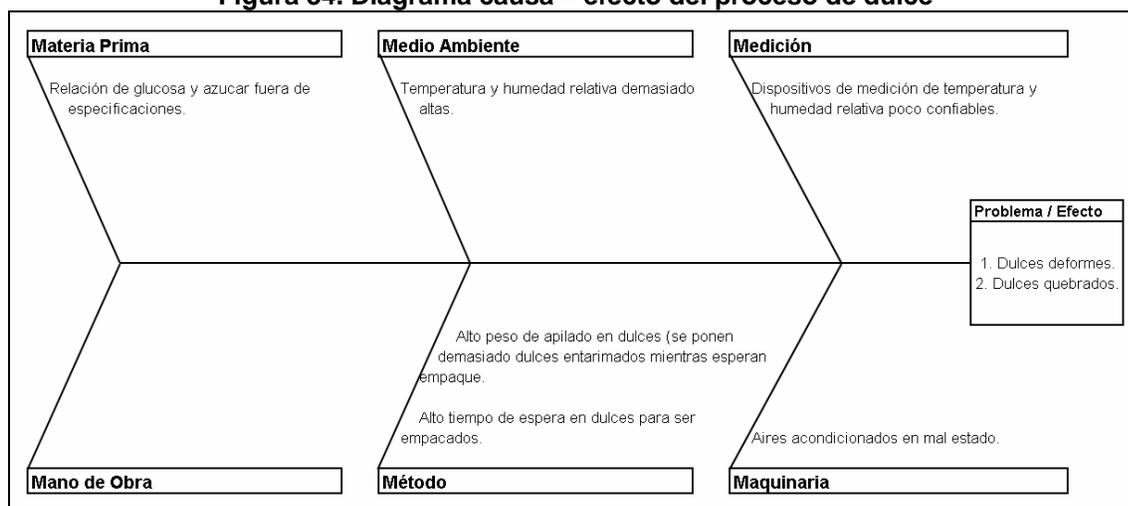


Tabla XVI. Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de dulce

Causa efecto	Posible solución
Relación de glucosa y azúcar fuera de especificaciones.	Establecer mediciones de pruebas de sacarosas mas frecuentes.
Temperatura y humedad relativa demasiado altas.	Aislar cuartos refrigerados y realizar pruebas de aires.
Dispositivos de medición con temperatura y humedad relativa poco confiables.	Realizarles pruebas de confiabilidad y calibrarlos en periodos de tiempo menores.
Alto peso de apilado en dulces (se ponen demasiado dulces entarimados mientras esperan empaque).	Colocar menos peso de dulces por tarima.
Alto tiempo de espera en dulces para ser empacados.	Mejorar el desempeño de las líneas de embolsado.
Aires acondicionados en mal estado.	Realizar pruebas de aires, modificarlos y/o cambiar proveedor que realiza mantenimiento.

Figura 35. Diagrama causa – efecto del proceso de galleta

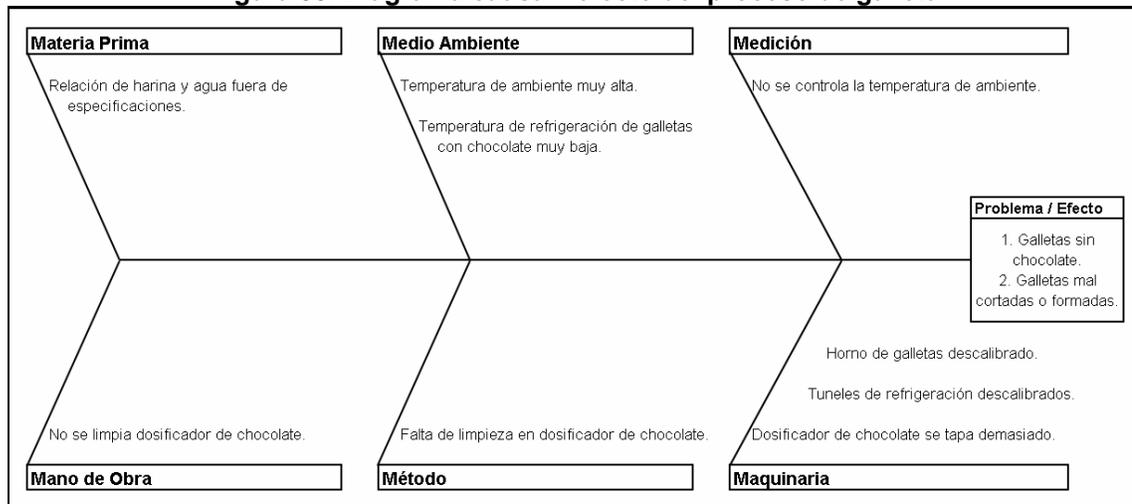


Tabla XVII. Posibles soluciones de causas raíces de los problemas del proceso de galleta

Causa efecto	Posible solución
Relación de harina y agua fuera de especificaciones.	Iniciar con las pruebas de control de relación de harina y agua de batidos de galleta.
Temperatura de ambiente muy alta.	Realizar una mejor ventilación del cuarto para reducir temperatura.
Temperatura de refrigeración de galletas con chocolate muy baja.	Revisión de túneles de refrigeración y modificarlos para que den más rangos de temperatura.
No se controla la temperatura de ambiente.	Iniciar la recolección de datos y control de la temperatura del ambiente.
Falta de limpieza en dosificador de chocolate.	Establecer periodicidad de limpieza y no esperar hasta que se tape.
Horno de galletas descalibrado.	Realizar calibraciones con más frecuencia.
Túneles de refrigeración descalibrados.	Realizar mantenimiento y modificación de túneles de enfriamiento.
Dosificador de chocolate se tapa demasiado.	Cambiar mecanismo de dosificación o establecer periodicidad de limpieza.

De las posibles soluciones obtenidas se deben de analizar cuales son las más factibles de implementar. A continuación se muestra un breve análisis técnico de las posibles soluciones.

Tabla XVIII. Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de confitado

Posible solución	Implementación Técnica
Cambiar colorantes y materiales que sean solubles en agua.	Factible. Pruebas demuestran que se debe de utilizar mayor cantidad de materiales.
Aislar de una mejor manera cuartos refrigerados.	Factible. Según análisis existen fugas de aire de un 20% aproximadamente.
Realizar pruebas de confiabilidad y calibrar dispositivos de medición en periodos de tiempo menores.	Factible. Comparar lecturas con un patrón y calibrarlos semanalmente.
Realizar pruebas de aires acondicionados y repararlos para que sean estables.	Factible. Realizar reparaciones y modificaciones del sistema de aire acondicionado.

Tabla XIX. Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de tableta

Posible solución	Implementación Técnica
Realizar pruebas con otro tipo de papel o proveedores para ver el desempeño.	Factible. Pruebas demuestran que la variabilidad de las especificaciones del papel se puede contrarrestar modificando el mecanismo de entrega de papel.
Inspeccionar aires de cuartos e iniciar a controlar temperaturas y humedad relativa.	Factible. Realizar reparaciones y modificaciones del sistema de aire acondicionado y eliminar fugas.
Realizar pruebas con otro tipo de material de cuchillas de corte de papel.	Factible. Utilizar cuchillas de un material más resistente (acero 705, tungsteno, etc.)
Iniciar la posibilidad del cambio de diseño o el cambio de piezas del mecanismo de corte y entrega del papel.	Factible. Realizar nuevo diseño y/o cambio de piezas en mecanismo de corte y entrega de papel.

Tabla XX. Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de dulce

Posible solución	Implementación Técnica
Establecer mediciones de pruebas de sacarosas mas frecuentes.	Factible. Realizar pruebas de azucares y sacarosas cuatro veces diarias.

Continuación tabla XX...

Aislar cuartos refrigerados y realizar pruebas de aires.	Factible. Realizar reparaciones y modificaciones del sistema de aire acondicionado y eliminar fugas.
Realizar pruebas de confiabilidad y calibrar dispositivos de medición en periodos de tiempo menores.	Factible. Comparar lecturas con un patrón y calibrarlos semanalmente.
Colocar menos peso de dulces por tarima.	Factible. Colocar aproximadamente entre 400 Kg y 500 Kg menos por tarima.
Mejorar el desempeño de las líneas de embolsado.	Factible. Analizar la compra de otra máquina de embolsado y colocar personal para supervisión.
Realizar pruebas de aires, modificarlos y/o cambiar proveedor que realiza mantenimiento.	Factible. Realizar reparaciones y modificaciones del sistema de aire acondicionado y eliminar fugas.

Tabla XXI. Análisis técnico de las posibles soluciones del proceso de galleta

Posible solución	Implementación Técnica
Iniciar con las pruebas de control de relación de harina y agua de batidos de galleta.	Factible. Realizar una prueba semanal de porcentaje de harina y agua.
Realizar una mejor ventilación del cuarto para reducir temperatura.	Factible. Instalar más extractores de aire.
Revisión de túneles de refrigeración y modificarlos para que den más rangos de temperatura.	Factible. Modificar y/o reparar túneles de enfriamiento.
Iniciar la recolección de datos y control de la temperatura del ambiente.	Factible. Iniciar el control de temperatura del área de empaque de galleta.
Establecer periodicidad de limpieza de dosificador de chocolate y no esperar hasta que se tape.	Factible. Generar un procedimiento con responsable y cada cuanto tiempo realizar limpieza de dosificador de chocolate.

Continuación tabla XXI ...

Realizar calibraciones de horno con más frecuencia.	Factible. Realizar calibraciones mensualmente.
Cambiar mecanismo de dosificación o establecer periodicidad de limpieza.	Cambio de mecanismo no es factible, debido a la proporción de dosificación de chocolate en la galleta. Se procederá con la periodicidad de limpieza.

De las soluciones más aceptables, se desarrollara un plan de implementación de mejoras, considerando como mínimo la actividad a implementar, responsables y recursos a utilizar. En este plan se empieza a conjugar toda la información obtenida que busque obtener los resultados deseados. Para realizar un plan de mejora, se deben de seleccionar las soluciones más viables, que puedan ser factibles para mejorar un proceso. Estas soluciones se pueden generar realizando una “tormenta de ideas” entre los miembros del grupo *kaizen*, y entre el mismo grupo se pueden seleccionar cuales son las mejores ideas, para posteriormente generar el plan. La mejora de un proceso con lleva el rediseño de procedimientos, actividades, operaciones, automatización, etc., por lo cuál puede ser necesario la generación de un nuevo “mapeo de procesos”, para visualizar gráficamente como quedaría el proceso y establecer si no hay ningún inconveniente.

En la siguiente figura se muestra el plan de mejora para la disminución de defectos de en los procesos de producción.

Figura 36. Plan de mejora para la disminución de defectos en los procesos de producción

PLAN DE MEJORA			
Disminución de defectos en los procesos de producción.		Responsable: Gerente General.	Fecha: Sep 07
CONFITADO			
Actividad	Responsable:	Iniciar	Finalizar
Aislar de una mejor manera cuartos refrigerados.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
Realizar pruebas de confiabilidad y calibrar dispositivos de medición en periodos de tiempo menores.	Control de Calidad	Sep 07	NA
Realizar pruebas de aires acondicionados y repararlos para que sean estables.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
TABLETA			
Actividad	Responsable:	Iniciar	Finalizar
Inspeccionar aires de cuartos e iniciar a controlar temperaturas y humedad relativa.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
Realizar pruebas con otro tipo de material de cuchillas de corte de papel.	Producción/Control de Calidad	Oct 07	Oct 07
Iniciar la posibilidad del cambio de diseño o el cambio de piezas del mecanismo de corte y entrega del papel.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Nov 07	Mar 08
DULCE			
Actividad	Responsable:	Iniciar	Finalizar
Establecer mediciones de pruebas de sacarosas mas frecuentes.	Control de Calidad	Sep 07	NA
Aislar cuartos refrigerados y realizar pruebas de aires.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
Realizar pruebas de confiabilidad y calibrar dispositivos de medición en periodos de tiempo menores.	Control de Calidad	Sep 07	Ene 08
Colocar menos peso de dulces por tarima.	Producción	Sep 07	NA
Mejorar el desempeño de las líneas de embolsado.	Producción	Nov 07	NA
Realizar pruebas de aires, modificarlos y/o cambiar proveedor que realiza mantenimiento.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
GALLETA			
Actividad	Responsable:	Iniciar	Finalizar
Iniciar con las pruebas de control de relación de harina y agua de batidos de galleta.	Control de Calidad	Sep 07	NA
Realizar una mejor ventilación del cuarto para reducir temperatura.	Mantenimiento	Dic 07	Feb 08
Revisión de túneles de refrigeración y modificarlos para que den más rangos de temperatura.	Mantenimiento/Proveedor Externo	Sep 07	Ene 08
Iniciar la recolección de datos y control de la temperatura del ambiente.	Producción/Control de Calidad	Sep 07	NA
Establecer periodicidad de limpieza de dosificador de chocolate y no esperar hasta que se tape.	Producción	Sep 07	NA
Realizar calibraciones de horno con más frecuencia.	Mantenimiento	Ene 08	NA

No todos los planes de mejora se deben de implementar inmediatamente, en ocasiones se pueden realizar planes pilotos, para confirmar de una mejor manera la viabilidad del plan y si se pueden alcanzar los resultados obtenidos. La desventaja de un plan piloto es que se utilizan más recursos como tiempo y dinero, pero permite establecer anticipadamente el éxito del proyecto y con esto disminuir costos y desperdicios por un fracaso.

4.2.5 Control

Durante la determinación de los CTQs de los procesos, se establecieron las variables que pueden afectar tanto la calidad del producto, como la generación de un defecto. Una variable en producción la podemos definir como una magnitud física que es inestable y que al actuar sobre ella podemos cambiar repentinamente la situación en que estaba el proceso.

Un proceso de producción contiene diversos factores y orígenes de variación. Los factores que están presentes como forma natural se conocen como “causas comunes de variación”, y son resultado tanto del diseño del proceso como del sistema de producción. Estas causas comunes representan aproximadamente un 90% de la variación obtenida en un proceso. La variación obtenida de fuentes que no son inherentes a un proceso, se conocen como “causas asignables de variación” y representan aproximadamente un 10% del total de variación obtenida.

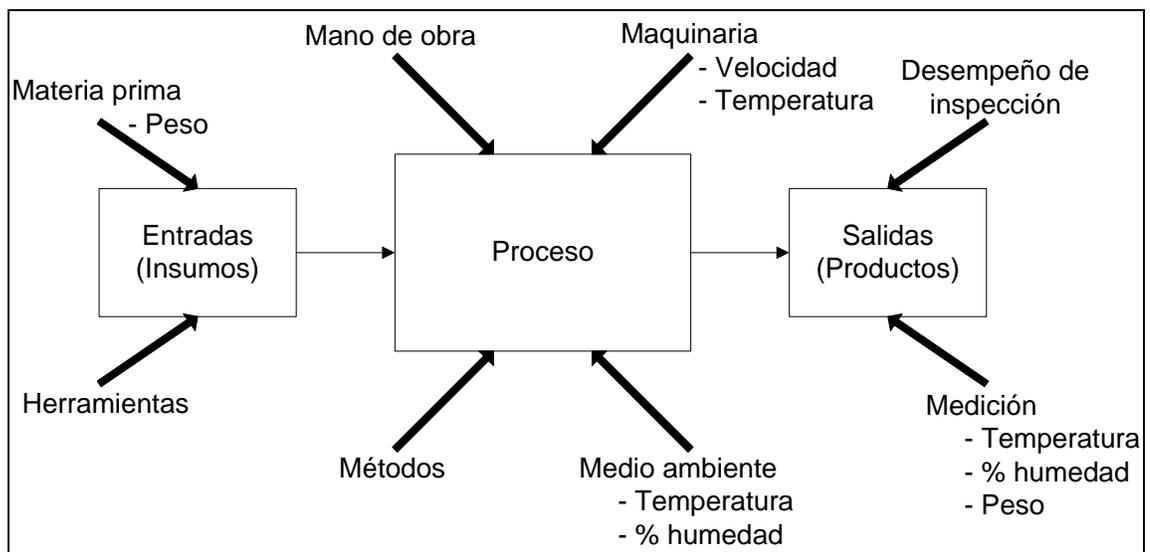
En los procesos de producción estudiados las variables más importantes y más críticas son:

- Temperatura de maquinaria y de producto.
- Porcentaje de humedad del ambiente y del producto.

- Velocidades de producción.
- Peso de materia prima, producto en proceso y producto terminado.

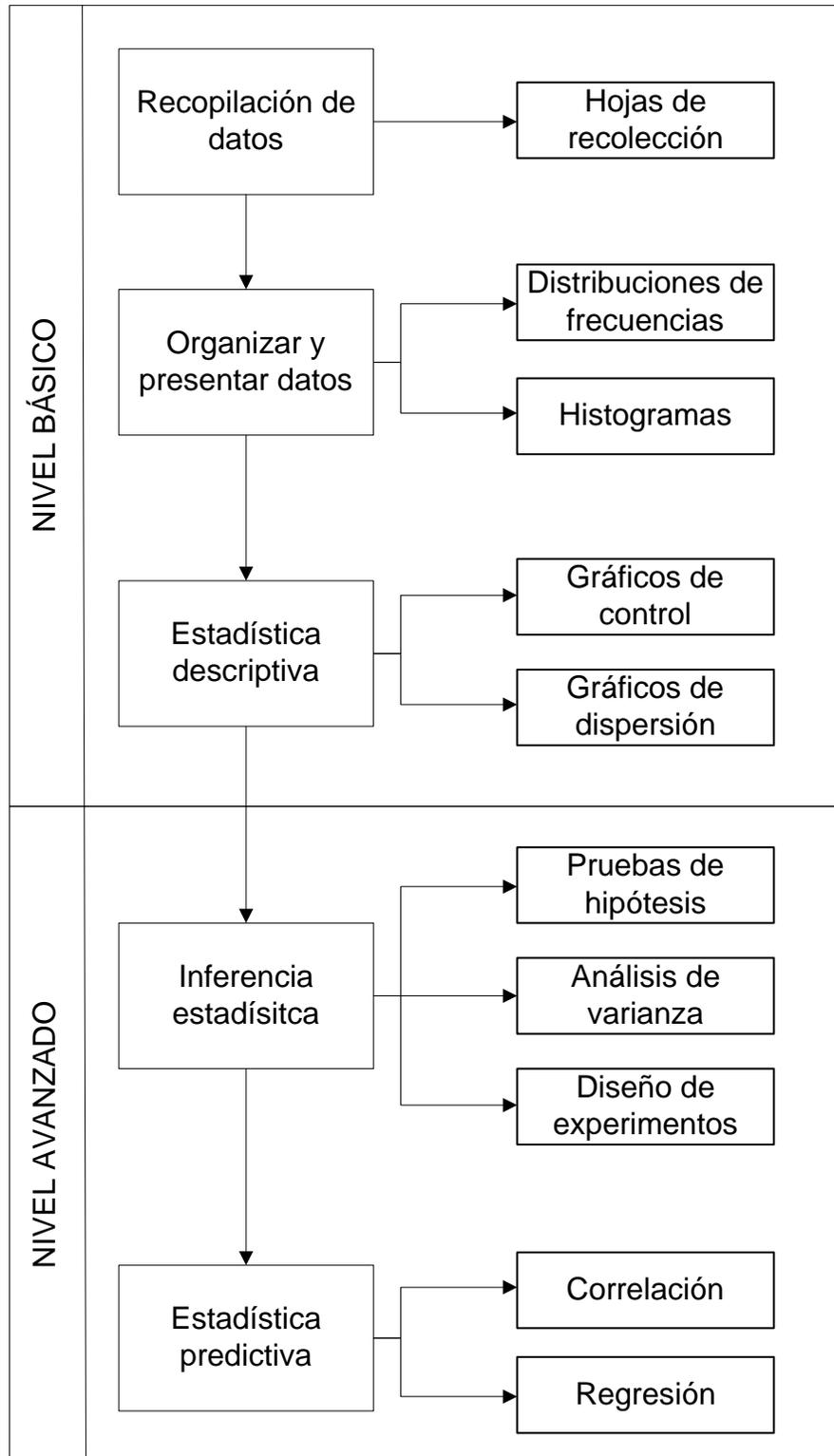
La siguiente figura, representa el análisis de las causas de variación de los procesos de producción de chicle confitado, tableta, dulce y galleta.

Figura 37. Causas de variación en un proceso de producción



El método que utiliza *six sigma* para controlar es el control estadístico de procesos (ver anexo 5). A continuación se presenta el diagrama de flujo para realizar el control estadístico de los procesos de producción, junto a las herramientas estadísticas a utilizar.

Figura 38. Diagrama de flujo para el control estadístico de procesos (CEP)



➤ **Recolección de datos:**

Como inicio del control estadístico de procesos (CEP), se establece la recolección de datos, la cuál estipula tres objetivos para el control de calidad:

- Control y monitoreo del proceso.
- Análisis del proceso.
- Inspección del proceso.

Para la recolección de datos de las variables de producción, se establecen hojas de registro. Un factor importante en la recolección de datos, es la confiabilidad de los mismos, existen ciertas variaciones cuando es realizada la recolección de datos, estas variaciones son ocasionadas por situaciones como:

- Dispositivos de medición descalibrados o con lecturas imprecisas.
- Errores humanos, ocasionados por la mala percepción, por suposición, por cálculos numéricos o por desinterés en la toma de datos.

A continuación se muestra un formato para el registro de temperaturas y porcentaje de humedad relativa, de las operaciones de reposo y confitado del proceso de chicle confitado, y empaque de los procesos de chicle confitado, tableta y dulce.

Figura 39. Formato de registro para toma de temperatura y % de humedad

INDUSTRIA PROCESADORA DE GUATEMALA S.A.				
FORMATO PARA CONTROL DE TEMPERATURA Y % DE HUMEDAD RELATIVA.				
AREA:	OPERACIÓN:			
	Temperatura	% Humedad relativa	Observaciones	Acciones
06:00	20	40		
07:00	22	41		
08:00	21	40		
09:00	15	50	Daño en aire acondicionado	Se informo a mantenimiento
10:00	19	42		
11:00				
12:00				
13:00				
14:00				
15:00				
16:00				
17:00				
18:00				
19:00				
20:00				
21:00				
22:00				
23:00				
00:00				
01:00				
02:00				
03:00				
04:00				
05:00				

Fuente: Propuesta.

➤ **Organización y presentación de datos:**

Los datos obtenidos en las hojas de registro, que corresponden a una muestra de una población, sirven para obtener información del comportamiento de la misma. Para la organización de estos datos se realizan distribuciones de frecuencia y para la presentación gráfica de los datos se trazan histogramas.

A través de hojas de registro, se determinaron los siguientes datos de las variables de temperatura y humedades relativas en porcentaje, de los procesos de confitado, tableta, dulce y galleta.

Tabla XXII. Hoja de registro de humedades relativas en porcentajes

	Lunes						Martes						Miercoles													
	Conf.		Tab.		Dul.		Gall.		Conf.		Tab.		Dul.		Gall.		Conf.		Tab.		Dul.		Gall.			
	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h
06:00	24	50	18	48			30	23	52	20	46				29	20	51	19	44				29			
07:00	24	45	18	48	25	44	30	23	50	19	45	25	45	29	21	50	19	44	25	43	30					
08:00	22	44	20	46	26	44	32	22	50	20	45	26	44	30	21	49	20	45	24	43	31					
09:00	25	44	20	48	26	43	33	22	48	20	44	26	44	30	22	49	21	45	24	44	30					
10:00	20	43	22	48	27	44	33	21	44	21	45	26	45	32	25	50	23	44	25	45	32					
11:00	20	42	20	50	28	45	34	21	44	20	44	26	43	33	24	50	25	48	26	44	33					
12:00	20	42	22	51	28	46	35	20	44	21	43	27	43	33	23	44	26	48	26	44	34					
13:00	22	40	24	50	28	46	35	20	42	23	44	25	43	34	22	43	25	49	27	45	34					
14:00	18	40	23	49	28	48	35	20	43	23	42	25	44	33	21	43	22	44	26	44	34					
15:00	22	40	24	48	27	48			18	43	22	41	25	44												
16:00	20	40	22	49					19	45	21	45														
17:00	20	42	22	47					20	45	20	42														
18:00	20	42	22	45					21	45	21	42														

	Jueves						Viernes									
	Conf.		Tab.		Dul.		Gall.		Conf.		Tab.		Dul.		Gall.	
	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h	T	%h
06:00	18	50	20	45			30	20	50	19	43					31
07:00	19	50	20	45	23	44	29	19	45	20	44	24	44	30		
08:00	18	50	21	44	23	44	30	18	45	20	45	24	45	31		
09:00	20	48	21	43	22	43	33	18	42	21	44	23	44	32		
10:00	20	48	22	42	24	44	33	19	42	20	44	23	44	32		
11:00	21	48	22	43	24	43	34	20	39	20	43	22	46	31		
12:00	21	49	22	43	26	42	35	20	39	19	48	23	45	33		
13:00	23	48	21	43	26	42	35	19	40	20	49	23	44	34		
14:00	22	48	20	42	24	43	35	21	40	21	48	28	43	34		
15:00	21	44	22	42	23	43			22	42	20	46	28	41		
16:00	22	45	21	41					23	42	21	46				
17:00	21	46	21	42					23	41	20	44				
18:00	21	46	21	42					22	42	20	44				

Fuente: Muestras en producción.

Para iniciar se seleccionara el proceso de confitado y la variable de porcentaje de humedad relativa para ejemplificar el desarrollo del control estadístico de procesos. A continuación se muestra en una tabla el resumen de los datos obtenidos del porcentaje de humedad relativa del proceso de confitado, obtenidos de la tabla XXII.

Tabla XXIII. Humedades relativas en porcentajes del proceso de confitado

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
06:00	50	52	51	50	50
07:00	45	50	50	50	45
08:00	44	50	49	50	45
09:00	44	48	49	48	42
10:00	43	44	50	48	42
11:00	42	44	50	48	39
12:00	42	44	44	49	39
13:00	40	42	43	48	40
14:00	40	43	43	48	40
15:00	40	43	43	44	42
16:00	40	45	42	45	42
17:00	42	45	41	46	41
18:00	42	45	50	46	42

La organización de los datos se realizará en una distribución de frecuencias siguiendo los siguientes cálculos. Es importante mencionar que este análisis de datos puede realizarse en una hoja de cálculo.

Paso 1: Determinación del rango (R)

$R = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}$

$R = 52 - 39$

$R = 13$

Paso 2: Determinación del intervalo de clase (*i*)

Si número de datos menor que 100, obtener de 5 a 9 intervalos.

$$\text{Número de Intervalos} = \frac{R}{i_{prueba}}$$

i prueba, es un valor del intervalo de clase, que nos dará como resultado el número de intervalos comprendido entre 5 y 9.

Si el número de datos es mayor o igual que 100, utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Número de Intervalos} = \sqrt{\text{número de datos}}$$

$$i = \frac{R}{\text{Número de intervalos}}$$

En nuestro ejemplo tenemos 65 datos ($n=65$), entonces:

$$\text{Número de intervalos} = \frac{13}{2} = 6.5 \text{ intervalos} \approx 7 \quad (5 < 6.5 > 9)$$

$$i = 2$$

Paso 3: Determinación de los límites de clase:

$$\text{Límite inferior} = \text{Valor Mínimo} - \frac{i}{2}$$

$$\text{Límite superior} = \text{Limite inferior} + i$$

$$\text{Limite medio} = \frac{\text{Limite superior} + \text{Limite inferior}}{2}$$

El primer límite quedaría de la siguiente manera:

$$\text{L.I.} = 39 - \frac{2}{2} = 38$$

$$\text{L.S.} = 38 + 2 = 40$$

$$\text{L.C.} = \frac{38 + 40}{2} = 39$$

Tabla XXIV. Resumen de límites de clase para intervalos

Intervalo	1	2	3	4	5	6	7
L.I.	38	40	42	44	46	48	50
L.S.	40	42	44	46	48	50	52
L.C.	39	41	43	45	47	49	51

Paso 4: Distribución de frecuencias

En base a los intervalos determinados obtener la cantidad de veces (frecuencia) que los datos originales se encuentran dentro de los límites encontrados de cada intervalo. Por ejemplo en el intervalo 4, dentro de los límites de 44 a 46, tenemos 9 datos que se encuentran dentro de estos límites.

Para facilitar este paso, podemos utilizar en una hoja de cálculo la herramienta análisis de datos, donde podemos realizar un histograma, colocando en el rango de entrada los datos obtenidos, y en el rango de clases los límites de los intervalos encontrados, obteniendo como resultado la distribución de frecuencias.

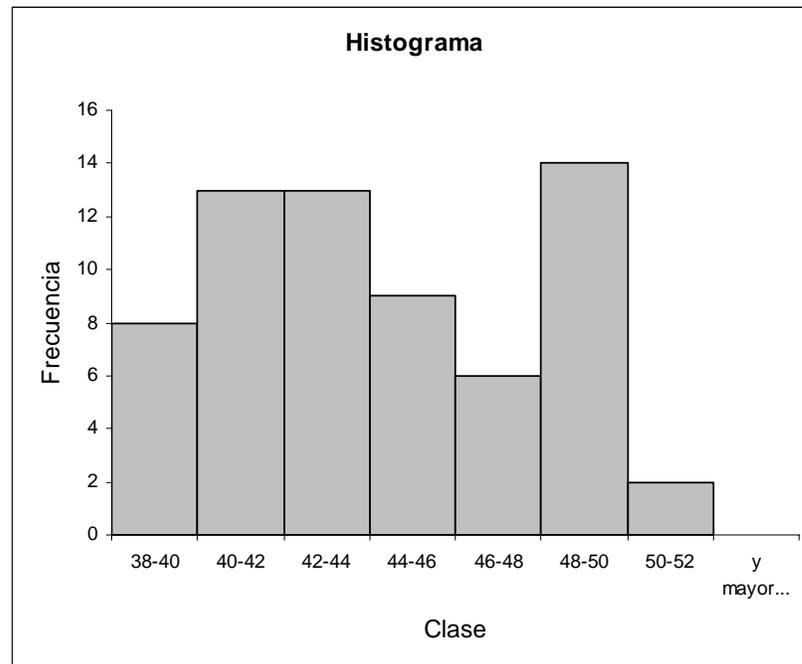
Tabla XXV. Distribución de frecuencias

<i>Clase</i>		<i>Frecuencia</i>
38	40	8
40	42	13
42	44	13
44	46	9
46	48	6
48	50	14
50	52	2
y mayor...		0

Paso 5: Graficar el histograma.

En este paso se grafican los intervalos versus las frecuencias obtenidas, para obtener como resultado un histograma de frecuencias.

Figura 40. Histograma de frecuencias de humedades relativas del proceso de confitado



A continuación se presentan las tablas con los datos de las variables de temperatura y porcentaje de humedad relativa de los procesos analizados, acompañadas de tablas resumen e histogramas obtenidos del control estadístico realizado.

Tabla XXVI. Temperaturas en grados Celsius del proceso de confitado

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
06:00	24	23	20	18	20
07:00	24	23	21	19	19
08:00	22	22	21	18	18
09:00	25	22	22	20	18
10:00	20	21	25	20	19
11:00	20	21	24	21	20
12:00	20	20	23	21	20
13:00	22	20	22	23	19
14:00	18	20	21	22	21
15:00	22	18	20	21	22
16:00	20	19	22	22	23
17:00	20	20	22	21	23
18:00	20	21	22	21	22

Tabla XXVII. Resumen de parámetros de la variable de temperatura del proceso de confitado

Valor Máximo	25
Valor Mínimo	18
Rango	7
Intervalo (i)	1.6
No. Intervalos	4.375

5 < ≈ 5 < 9

Tabla XXVIII. Límites de clase de la variable de temperatura del proceso de confitado

Intervalo	1	2	3	4	5
L.I.	17.2	18.8	20.4	22	23.6
L.S.	18.8	20.4	22	23.6	25.2
L.C.	18	19.6	21.2	22.8	24.4

Tabla XXIX. Distribución de frecuencias de la variable de temperatura del proceso de confitado

Clase		Frecuencia
17.2	18.8	6
18.8	20.4	22
20.4	22	26
22	23.6	6
23.6	25.2	5
y mayor...		0

Figura 41. Histograma de frecuencias de temperatura del proceso de confitado

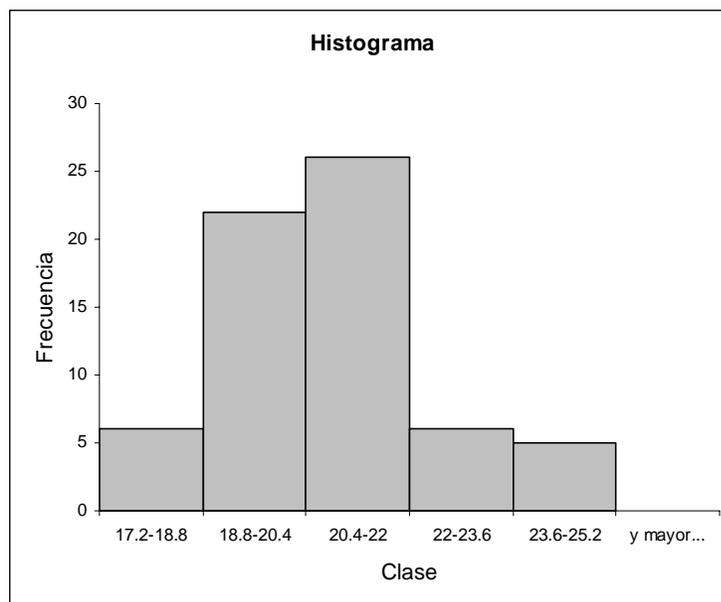


Tabla XXX. Temperaturas en grados Celsius del proceso de tableta

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
06:00	18	20	19	20	19
07:00	18	19	19	20	20
08:00	20	20	20	21	20
09:00	20	20	21	21	21
10:00	22	21	23	22	20
11:00	20	20	25	22	20
12:00	22	21	26	22	19
13:00	24	23	25	21	20
14:00	23	23	22	20	21
15:00	24	22	21	22	20
16:00	22	21	20	21	21
17:00	22	20	21	21	20
18:00	22	21	21	21	20

Tabla XXXI. Resumen de parámetros la variable de temperatura del proceso de tableta

Valor Máximo	26
Valor Mínimo	18
Rango	8
Intervalo (i)	1.5
No. Intervalos	5.333

5 < \approx 6 < 9

Tabla XXXII. Límites de clase de la variable de temperatura del proceso de tableta

Intervalo	1	2	3	4	5	6
L.I.	17.25	18.75	20.25	21.75	23.25	24.75
L.S.	18.75	20.25	21.75	23.25	24.75	26.25
L.C.	18	19.5	21	22.5	24	25.5

Tabla XXXIII. Distribución de frecuencias de la variable de temperatura del proceso de tableta

Clase		Frecuencia
17.25	18.75	2
18.75	20.25	26
20.25	21.75	17
21.75	23.25	15
23.25	24.75	2
24.75	26.25	3
y mayor...		0

Figura 42. Histograma de frecuencias de temperatura del proceso de tableta

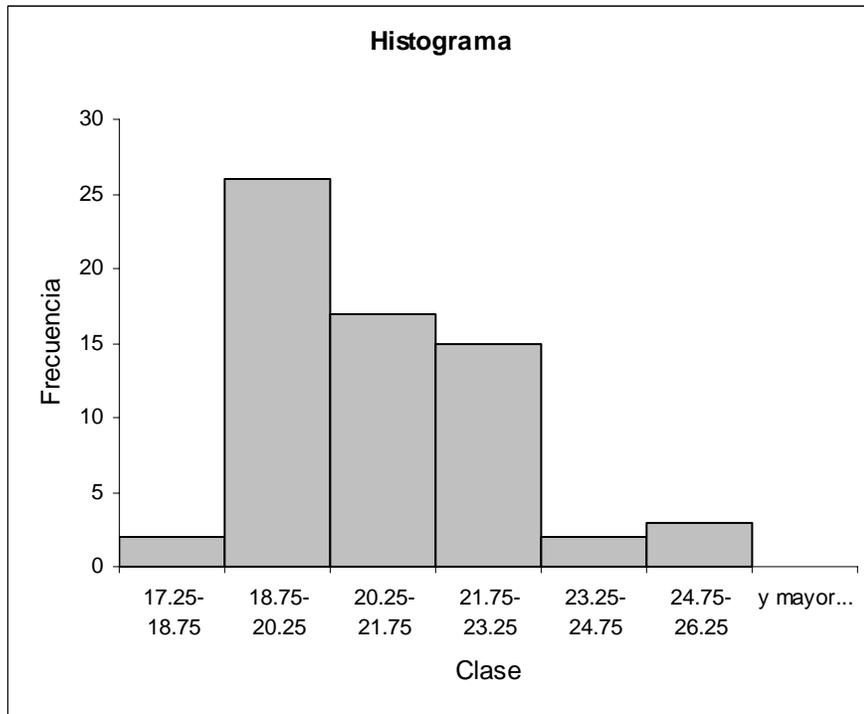


Tabla XXXIV. Humedad relativa en porcentaje del proceso de tableta

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
06:00	48	46	44	45	43
07:00	48	45	44	45	44
08:00	46	45	45	44	45
09:00	48	44	45	43	44
10:00	48	45	44	42	44
11:00	50	44	48	43	43
12:00	51	43	48	43	48
13:00	50	44	49	43	49
14:00	49	42	44	42	48
15:00	48	41	45	42	46
16:00	49	45	46	41	46
17:00	47	42	44	42	44
18:00	45	42	43	42	44

Tabla XXXV. Resumen de parámetros la variable de humedad relativa del proceso de tableta

Valor Máximo	51
Valor Mínimo	41
Rango	10
Intervalo (i)	1.4
No. Intervalos	7.143

5 < \approx 8 < 9

Tabla XXXVI. Límites de clase de la variable de humedad relativa del proceso de tableta

Intervalo	1	2	3	4	5	6	7	8
L.I.	40.3	41.7	43.1	44.5	45.9	47.3	48.7	50.1
L.S.	41.7	43.1	44.5	45.9	47.3	48.7	50.1	51.5
L.C.	41	42.4	43.8	45.2	46.6	48	49.4	50.8

Tabla XXXVII. Distribución de frecuencias de la variable de humedad relativa del proceso de tableta

Clase		Frecuencia
40.3	41.7	2
41.7	43.1	16
43.1	44.5	14
44.5	45.9	11
45.9	47.3	6
47.3	48.7	9
48.7	50.1	6
50.1	51.5	1
y mayor...		0

Figura 43. Histograma de frecuencias de humedades relativas del proceso de tableta

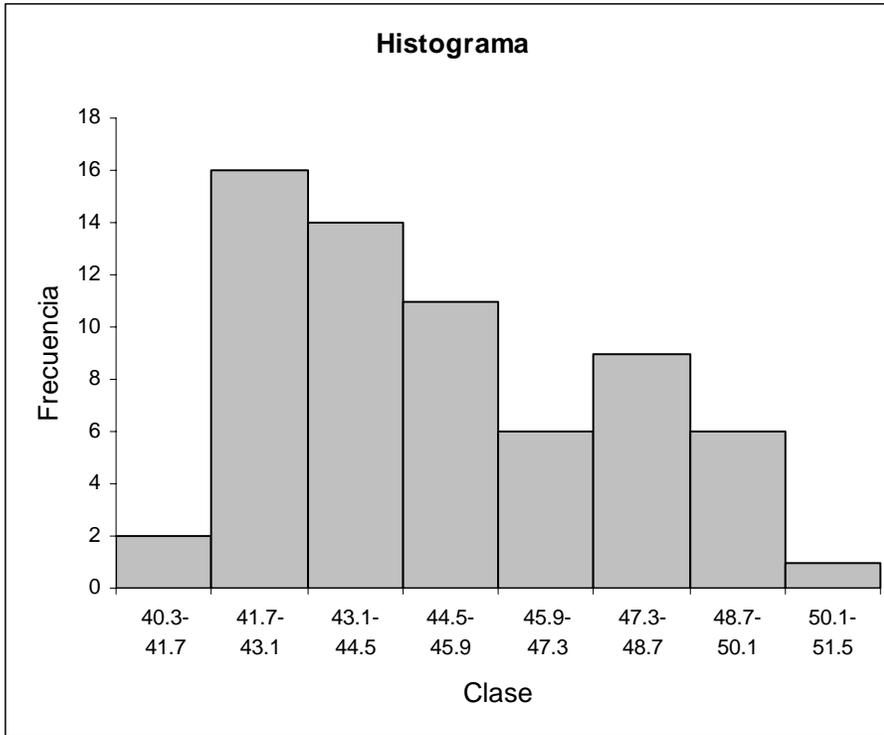


Tabla XXXVIII. Temperatura en grados Celsius del proceso de dulce

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
07:00	25	25	25	23	24
08:00	26	26	24	23	24
09:00	26	26	24	22	23
10:00	27	26	25	24	23
11:00	28	26	26	24	22
12:00	28	27	26	26	23
13:00	28	25	27	26	23
14:00	28	25	26	24	28
15:00	27	25	26	23	28

Tabla XXXIX. Resumen de parámetros la variable de temperatura del proceso de dulce

Valor Máximo	28		
Valor Mínimo	22		
Rango	6		
Intervalo (i)	1.4		
No. Intervalos	4.286	5<	≈5 <9

Tabla XL. Límites de clase de la variable de temperatura del proceso de dulce

Intervalo	1	2	3	4	5
L.I.	21.3	22.7	24.1	25.5	26.9
L.S.	22.7	24.1	25.5	26.9	28.3
L.C.	22	23.4	24.8	26.2	27.6

Tabla XLI. Distribución de frecuencias de la variable de temperatura del proceso de dulce

Clase		Frecuencia
21.3	22.7	2
22.7	24.1	14
24.1	25.5	7
25.5	26.9	12
26.9	28.3	10
y mayor...		0

Figura 44. Histograma de frecuencias de temperaturas del proceso de dulce

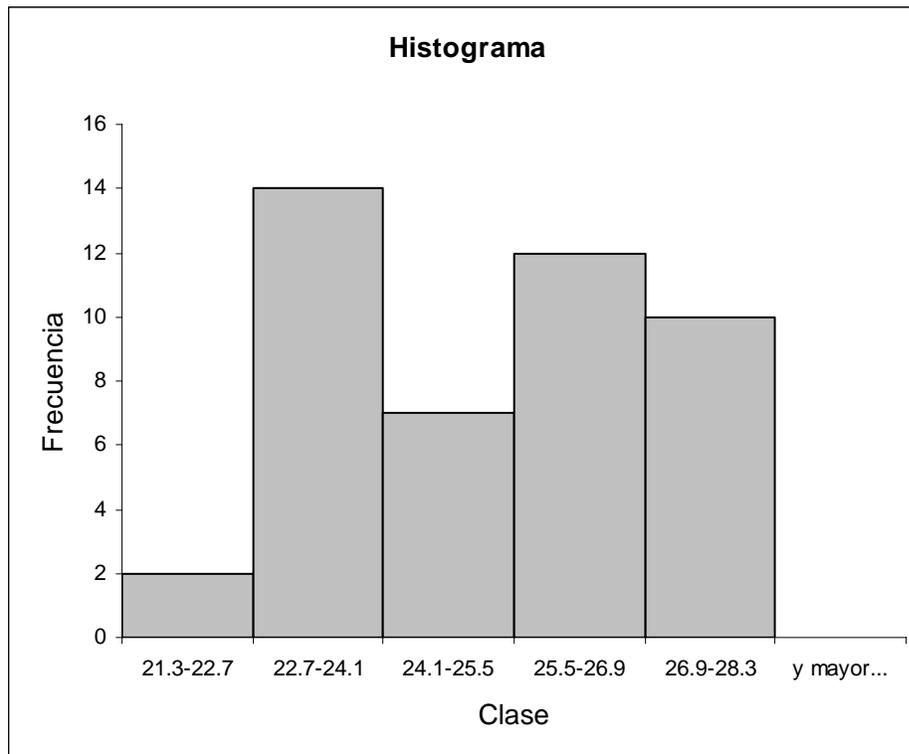


Tabla XLII. Humedad relativa en porcentaje del proceso de dulce

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
07:00	44	45	43	44	44
08:00	44	44	43	44	45
09:00	43	44	44	43	44
10:00	44	45	45	44	44
11:00	45	43	44	43	46
12:00	46	43	44	42	45
13:00	46	43	45	42	44
14:00	48	44	44	43	43
15:00	48	44	44	43	41

Tabla XLIII. Resumen de parámetros la variable de humedad relativa del proceso de dulce

Valor Máximo	48
Valor Minimo	41
Rango	7
Intervalo (i)	1.6
No. Intervalos	4.375

5 < ≈ 5 < 9

Tabla XLIV. Límites de clase de la variable de humedad relativa del proceso de tableta

Intervalo	1	2	3	4	5
L.I.	40.2	41.8	43.4	45	46.6
L.S.	41.8	43.4	45	46.6	48.2
L.C.	41	42.6	44.2	45.8	47.4

Tabla XLV. Distribución de frecuencias de la variable de humedad relativa del proceso de dulce

Clase		Frecuencia
40.2	41.8	1
41.8	43.4	13
43.4	45	26
45	46.6	3
46.6	48.2	2
y mayor...		0

Figura 45. Histograma de frecuencias de humedades relativas del proceso de dulce

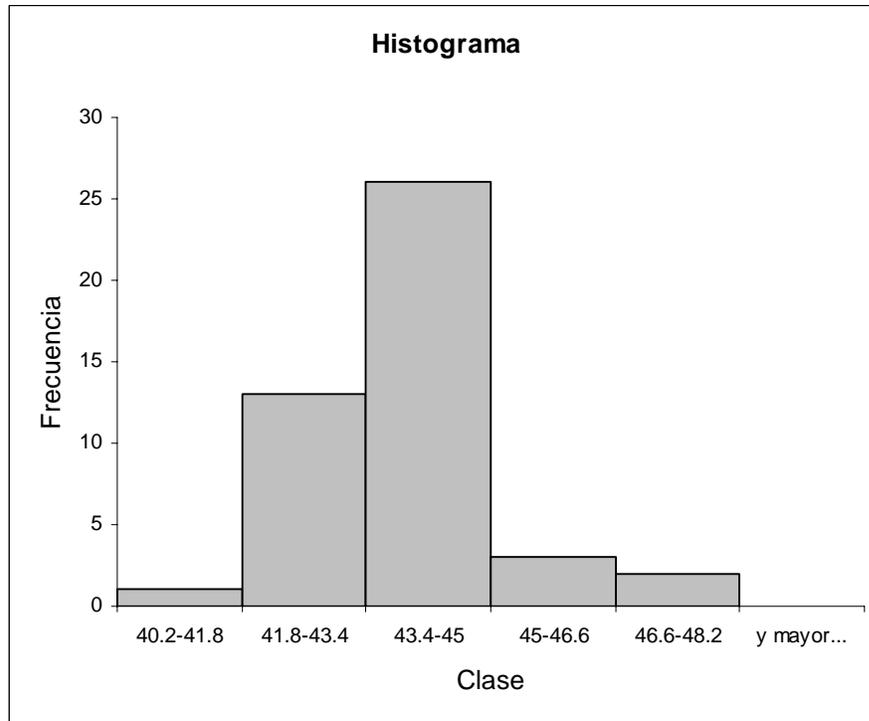


Tabla XLVI. Temperatura en grados Celsius del proceso de galleta

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
06:00	30	29	29	30	31
07:00	30	29	30	29	30
08:00	32	30	31	30	31
09:00	33	30	30	33	32
10:00	33	32	32	33	32
11:00	34	33	33	34	31
12:00	35	33	34	35	33
13:00	35	34	34	35	34
14:00	35	33	34	35	34

Tabla XLVII. Resumen de parámetros la variable de temperatura del proceso de galleta

Valor Máximo	35			
Valor Minimo	29			
Rango	6			
Intervalo (i)	1.4			
No. Intervalos	4.286	5<	≈5	<9

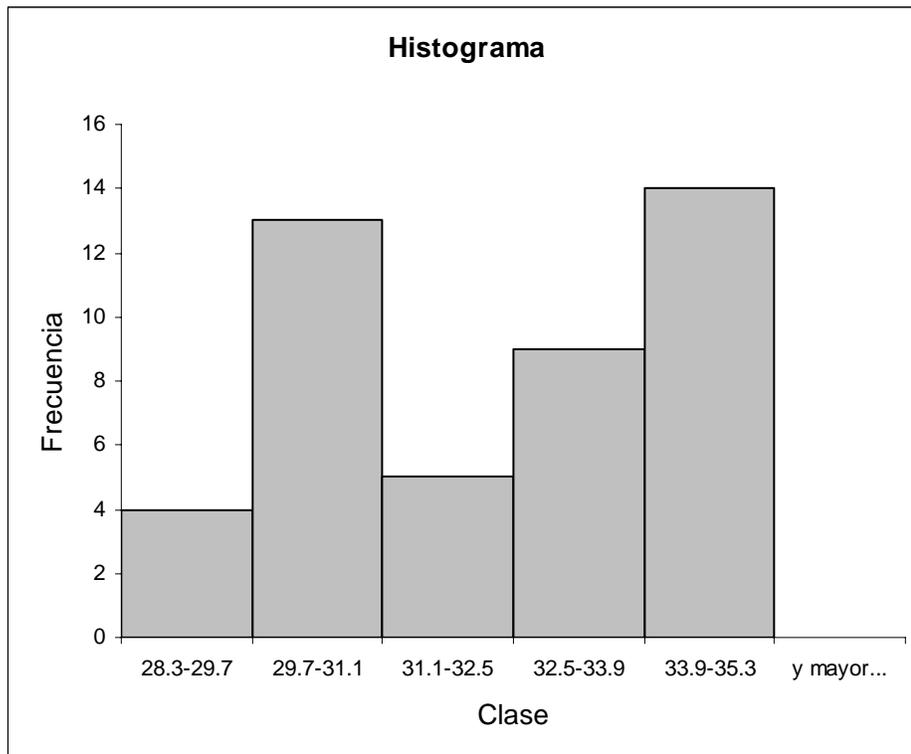
Tabla XLVIII. Límites de clase de la variable de temperatura del proceso de galleta

Intervalo	1	2	3	4	5
L.I.	28.3	29.7	31.1	32.5	33.9
L.S.	29.7	31.1	32.5	33.9	35.3
L.C.	29	30.4	31.8	33.2	34.6

Tabla XLIX. Temperatura en grados Celsius del proceso de galleta

Clase		Frecuencia
28.3	29.7	4
29.7	31.1	13
31.1	32.5	5
32.5	33.9	9
33.9	35.3	14
y mayor...		0

Figura 46. Histograma de frecuencias de temperatura del proceso de galleta

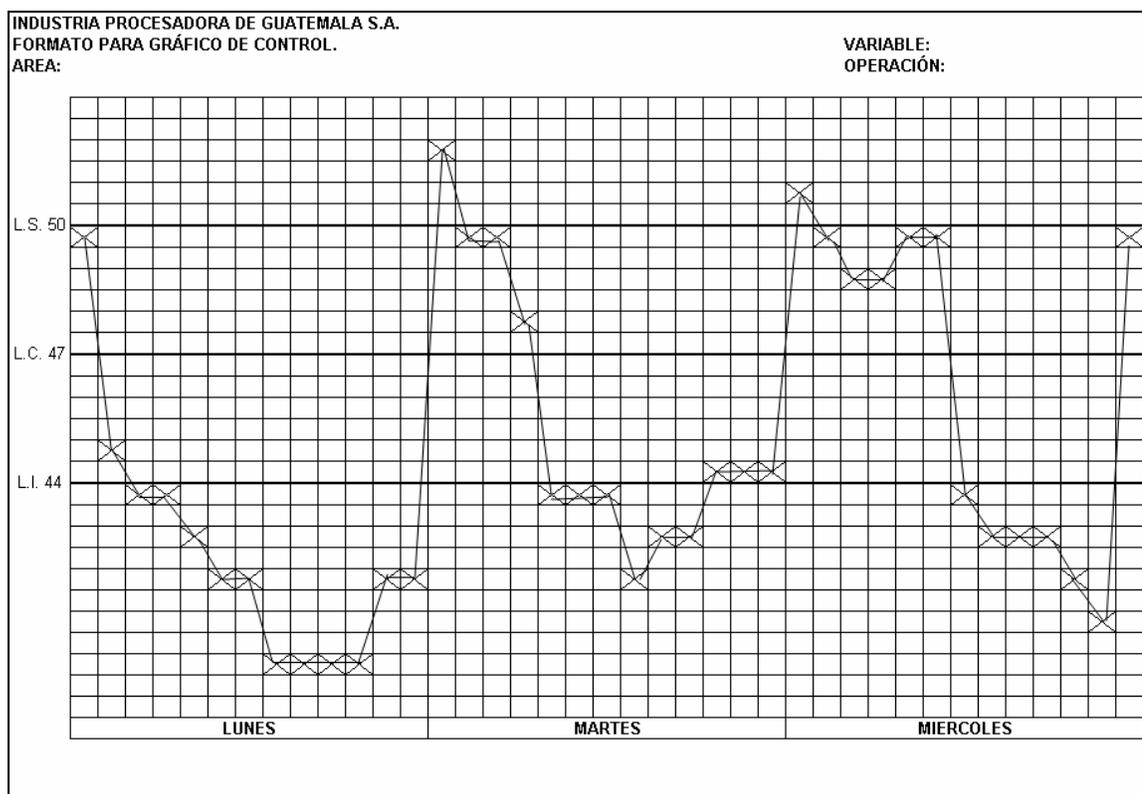


Los histogramas obtenidos de las variables de producción sirven para analizar la capacidad de los procesos, es decir que tanto se comportan como una distribución normal y que se encuentren dentro de los límites de especificaciones de la variable.

➤ Estadística descriptiva

Dos herramientas que se utilizan en la estadística descriptiva, son los gráficos de control y los diagramas de dispersión. Los gráficos de control, ayudan a visualizar el comportamiento de una variable, con el objetivo de que las muestras de datos no se salgan de control, y si esto sucede, tomar acciones correctivas inmediatamente. A continuación se presentan un ejemplo de un gráfico de control de la variable de humedad relativa del proceso de confitado.

Figura 47. Gráfico de control de la variable de humedad relativa del proceso de confitado



Como visualizamos en el gráfico de control, existen puntos que no se encuentran dentro de los límites de especificaciones, es decir se encuentran fuera de control y es en esta situación donde se debe de analizar y corregir la variación de los procesos tomando acciones de mejora como las establecidas en el inciso 4.2.4.

4.3 Seguimiento y mejora continua

Una de las características principales del ciclo DMAIC y *six sigma* es la búsqueda permanente de la mejora continua (ver anexo 6). Al finalizar el ciclo de un proyecto se deben de medir nuevamente los objetivos que se persiguen, que en este caso es la disminución de los defectos en las líneas de producción. A continuación se presentan los defectos por proceso después de haber implementado un considerable porcentaje del plan de mejora.

Tabla L. Cantidad de defectos de producción del proceso de confitado

Confitado	
Chicle confitado deforme	137
Con agujeros	77
Manchados	70
Opaco	35
Cónicos	16
Pegados	12
Peso inexacto	10
Centros deformes	8

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla LI. Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta

Tableta	
Mal empaque	65
Manchados	43
Dimensiones incorrectas	38
Chicle duro	25

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla LII. Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta

Dulce	
Quebrados	73
Deformes	62
Mal empaque	42
Peso inexacto	18
Alta humedad	8
Alta temperatura	7

Fuente: **Muestreo en producción.**

Tabla LIII. Cantidad de defectos de producción del proceso de tableta

Galleta	
Mal cortada/Mal formada	35
Chocolate aguado	30
Sin o parcialmente sin chocolate	15
Galletas pegadas	11
Mal empaque	6
Peso incorrecto	4
Dimensiones Incorrectas	2

Fuente: **Muestreo en producción.**

En la siguiente tabla resumen se muestran los resultados de los niveles sigma obtenidos de acuerdo a los datos de las tablas anteriores.

Tabla LIV. Dpmo y niveles sigma en los procesos de producción

Proceso	Defectos por unidad	Oportunidades de error	dpmo	Nivel Sigma a corto plazo	Nivel Sigma a largo plazo
Confitado	365	19	1067.25	3.07	4.57
Tableta	171	14	678.57	3.20	4.70
Dulce	210	18	648.15	3.22	4.72
Galleta	103	18	953.70	3.10	4.60

Fuente: **Muestreo en producción.**

Si se analizan los resultados de la tabla LIV con los de la tabla VIII, comparando los dpmo y nivel sigma a largo plazo por proceso, nos podemos dar cuenta de que ha existido una leve mejoría, pero si analizamos las tablas L, LI, LII y LIII podemos concluir que los defectos mas incidentes inicialmente han disminuido considerablemente como en el caso del proceso de galleta que el defecto de sin o parcialmente sin chocolate ya no es de los mas recurrentes.

Es en este punto donde se vuelve a iniciar el ciclo DMAIC replanteando si es necesario la parte de definición y siguiendo nuevamente el ciclo para detectar y eliminar los mismos o nuevos problemas o en algunos casos redefinir las mejoras realizadas.

Como seguimiento de la mejora en los procesos de producción es importante medir de alguna manera la satisfacción del cliente, tanto en lo concerniente a la calidad del producto como en el servicio. Esta medición debe de abarcar la recolección de datos (encuestas) de la opinión del cliente, preguntando si existe algún factor crítico de calidad o requerimiento, que no ha llenado sus expectativas. Esta medición de la satisfacción del cliente, debe de realizarse periódicamente, y los datos los debe de recolectar y tabular personal independiente al área que tenga más contacto con los clientes para evitar sesgos en esta medición.

En la siguiente figura se muestra un formato de una encuesta, utilizando una escala de respuesta tipo Lickert, que ayuda a tabular los resultados de la encuesta de una forma más rápida, así como tener una mejor visualización de la percepción del cliente.

Figura 48. Formato para medición de la satisfacción (encuesta)

<p>1. ¿Según los requerimientos acordados, cual es su percepción sobre la calidad del producto?</p> <p>Excelente <input type="checkbox"/> Muy Bueno <input type="checkbox"/> <u>Bueno</u> <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Debe Mejorar <input type="checkbox"/></p> <hr/> <hr/>
<p>2. ¿Cómo considera, el empaque del producto de acuerdo a los requerimientos acordados?</p> <p>Excelente <input type="checkbox"/> Muy Bueno <input type="checkbox"/> <u>Bueno</u> <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Debe Mejorar <input type="checkbox"/></p> <hr/> <hr/>
<p>3. ¿Según los requerimientos acordados, cual es su percepción sobre la calidad del producto?</p> <p>Excelente <input type="checkbox"/> Muy Bueno <input type="checkbox"/> <u>Bueno</u> <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Debe Mejorar <input type="checkbox"/></p> <hr/> <hr/>
<p>4. ¿Cómo ha percibido el cumplimiento de la fecha de entrega de su pedido?</p> <p>Excelente <input type="checkbox"/> Muy Bueno <input type="checkbox"/> <u>Bueno</u> <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Debe Mejorar <input type="checkbox"/></p>

5. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

5.1 Actividades de mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es uno de los pilares del mantenimiento productivo total. Para la implementación de un programa de mantenimiento autónomo es de vital importancia el cambio de la cultura organizacional. Una de los pensamientos más comunes en las organizaciones es que los operarios se dedican a la producción, y poco a poco ha evolucionado que son parte fundamental de la mejora continua y de la calidad, por lo cuál no es común que se piense que ellos son los responsables directos en mantener y reparar la maquinaria que operan, esto se resume en la siguiente frase: “Yo opero, tu arreglas”.

El mantenimiento autónomo esta compuesto por una serie de actividades que se ejecutan por los operadores de los equipos, estas actividades incluyen:

- Limpieza.
- Inspección.
- Lubricación.
- Intervenciones menores.
- Analizar posibles mejoras.
- Analizar y solucionar problemas.

Cada una de estas actividades, contribuyen al aumento de la productividad de los equipos de producción, además que desarrolla la habilidad de los operarios y los hace participe del mejoramiento continuo.

5.1.1 Limpieza e inspección de equipos

Una de las primeras actividades del mantenimiento autónomo, es iniciar con una rutina de limpieza e inspección, que deben ser llevadas a cabo por los operadores con el apoyo en un principio del personal de mantenimiento para luego ser ejecutado solo por los operadores.

La inspección de equipos se debe de enfocar en las partes principales y/o críticas, donde se puedan generar pérdidas de producción, y analizar condiciones anormales como son:

- Mecanismos o piezas fracturadas, rotas o dañadas.
- Desgastes de piezas.
- Juego u holguras entre partes y piezas sueltas.
- Deformación y mala alineación.
- Oxido y otros daños superficiales.
- Fugas, polvo y suciedad.

El propósito del análisis de las condiciones anormales, es con el objetivo de demostrar el valor de la limpieza como inspección, detener el deterioro del equipo y de introducir a los operadores como dueños de los equipos a través del contacto físico, y que sean capaces de identificar las condiciones de funcionamiento de los equipos.

Con la ejecución de rutinas de limpieza e inspección, se obtienen resultados como:

- Eliminar grasa deteriorada y suciedad.
- Utilizar los sentidos para descubrir condiciones anormales (ruidos, movimientos anormales, fugas, olores, etc.).
- Identificar y documentar las condiciones anormales.
- Reparación de condiciones anormales, dar seguimiento y mantener registros.

5.1.2 Eliminación de fuentes de contaminación

Al eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles se busca que el operador se introduzca en actividades de mejora al equipo. El enfoque de esta tarea es eliminar obstáculos que impiden la limpieza efectiva e inspección en los equipos.

Con esta actividad se previene el deterioro de los equipos, controlando los contaminantes desde su fuente y simplificando las acciones preventivas, haciendo la limpieza y la inspección muy sencilla, eficiente y rápida. A la vez esta actividad junto con la limpieza del equipo son principios básicos de las buenas practicas de manufactura.

5.1.3 Lubricación básica

La lubricación básica consta de la selección de los estándares y actividades de lubricación necesarias, para maximizar el desempeño de los equipos, evitando los desgastes de los mecanismos más críticos.

Los estándares y actividades de la lubricación básica, estarán desarrollados contemplando mecanismos o piezas a lubricar, tipos de lubricantes o grasas, periodicidad de lubricación y tiempo máximo para lubricar. En las siguientes tablas se presenta una lista de verificación de lubricación de máquinas de empaque.

Tabla LV. Lista de actividades de lubricación básica de una máquina de empaque de chicle confitado

Pieza/Mecanismo	Tipo de lubricante	Periodicidad de lubricación	Tiempo de lubricación
Engranaje motriz	Grasa No. 2	Semanal	3 minutos
Engranaje inducido	Grasa No. 2	Semanal	2 minutos
Cojinete de mordaza	Grasa No. 3	Cada tres días	5 minutos
Motor	SAE 40	Cada 500 horas	30 minutos

Adaptación de: **Manuales de mantenimiento máquinas empacadoras**

Tabla LVI. Lista de actividades de lubricación básica de una máquina de empaque de chicle tableta

Pieza/Mecanismo	Tipo de lubricante	Periodicidad de lubricación	Tiempo de lubricación
Caja reductora	SAE 90	Trimestral	30 minutos
Disco alimentador	Grasa No. 2	Semanal	5 minutos
Alimentación papel	Grasa No. 2	Diaria	15 minutos
Motor generador	API SAE 40	Trimestral	30 minutos

Adaptación de: **Manuales de mantenimiento máquinas empacadoras**

Con esta actividad el operador debe aprender dónde y cuando realizar la lubricación básica, identificando los puntos de lubricación y los lugares que debe de inspeccionar. Así mismo, es importante establecer el tiempo ideal para que el operador pueda realizar no solo la lubricación básica, si no también la limpieza e inspección, para interrumpir lo menos posible el tiempo de producción.

5.1.4 Controles visuales

Los controles visuales permiten analizar, diagnosticar y mejorar el desempeño de los equipos, a la vez que permite realizar el adiestramiento para funciones del mantenimiento autónomo por los operadores

El control visual de los equipos simplifica y facilita las actividades de inspección, y tiene que estar orientado a minimizar las pérdidas de producción que suceden en los equipos, controlando visualmente la variabilidad de los mismos, como por ejemplo, variaciones de velocidad, temperatura, productos defectuosos, etc..

5.2 Pérdidas en producción

Durante la ejecución de los procesos de producción, existen incidencias que afectan directamente a la eficiencia de las líneas de producción. Estas incidencias producen pérdidas tanto económicas como de tiempo de producción.

5.2.1 Grandes pérdidas

En el análisis de pérdidas de producción existen algunas que son clasificadas como grandes pérdidas debido a su magnitud en el impacto de la eficiencia y costos en las líneas de producción, estas son:

➤ Pérdidas por desperfectos en maquinaria

Son las pérdidas de producción ocasionadas por la pérdida de tiempo de operación en la maquinaria, o por pérdida de producción causada por producto defectuoso. El impacto que tiene este tipo de pérdida en una organización, es en el aumento de costos directos de producción y en el retraso en la entrega de pedidos. Como ejemplo de este tipo de pérdidas tenemos:

- Desgaste de piezas y/o mecanismos.
- Roturas por fatiga de ejes, pernos, etc.
- Fugas de vapor, agua, aire comprimido, etc.
- Desajustes u holguras de piezas.
- Mal instalación de piezas o componentes.
- Mal funcionamiento de piezas, mecanismos o componentes.

➤ Pérdidas por ajustes por cambio

Las pérdidas por ajustes por cambio son aqueas que se presentan cuando es necesario atender la producción de un nuevo producto en la misma maquinaria. Estos cambios de producto traen como consecuencia la pérdida de tiempo de producción, y también pérdida en producción por productos defectuosos que se originen durante los ajustes.

Este tipo de pérdidas se originan por ejemplo al cambiar las dimensiones o peso del producto a fabricar, al cambiar materias primas o material de empaque a utilizar, entre otros.

➤ **Pérdidas por paros menores**

Los paros menores son aquellos cuando la inactividad de la operación no se prolonga por periodos largos (un paro menor se puede considerar de aproximadamente hasta 15 minutos). Dentro de los paros menores tenemos los ajustes operativos, de mecanismos, de empaque, observación de medidores, controladores o sensores, entre otros, que no representen en gran medida el apoyo del personal de mantenimiento, ni la utilización de herramienta compleja.

Es de gran ayuda realizar una lista de actividades que se consideran paros menores que pueden ser ejecutadas por un operador, y aquellos paros donde es necesario la intervención del personal de mantenimiento, con la finalidad de no crear confusiones y también medir el desempeño del operador.

➤ **Pérdidas por velocidad reducida**

Por velocidad reducida se entiende a la velocidad que se encuentra por debajo de la velocidad de diseño o estándar de la maquinaria, que aseguran una eficiencia y calidad adecuada. Una velocidad reducida ocasiona pérdidas en producción, en el cumplimiento de los pedidos, y por ende en la eficiencia de la maquinaria. Este tipo de pérdida en algunos casos suele obviarse, debido a la inexistencia de controles necesarios para la verificación de las velocidades de maquinaria.

➤ **Pérdidas por defectos y repetición de trabajos**

Estas pérdidas inicialmente son ocasionadas por el mal funcionamiento u operación de la maquinaria y la falta de inspección del operador de la misma. Las pérdidas se reflejan en la disminución de la producción por defectos y en el costo del tiempo por una nueva inspección de la producción por parte del personal.

➤ **Pérdidas por arranque**

Son ocasionadas durante la fase inicial de producción, y se presenta durante la estabilización de la operación de una máquina, regularmente se presentan pérdidas de tiempo por ajustes, calentamiento de dispositivos, por velocidades reducidas, paros menores repetitivos, etc. Las pérdidas por arranque representan aproximadamente del 15% a 25% de las pérdidas totales y en la mayoría de las ocasiones este tipo de pérdidas no son analizadas para su eliminación.

➤ **Análisis de las grandes pérdidas en producción**

Muchas veces para analizar líneas de producción se considera como un buen indicador la eficiencia, pero para analizar más a detalle se deben de considerar y analizar a las pérdidas de producción que más incidencia tuvieron. Obviamente todas las grandes pérdidas afectan la eficiencia, pero en algunas ocasiones no se ve reflejado en el indicador, o no es posible analizar las ineficiencias ocasionadas en las líneas.

En la siguiente tabla se detalla cómo se puede medir y cuantificar cada tipo de pérdida y su impacto en la eficiencia del equipo, para su posterior análisis:

Tabla LVII. Medición de pérdidas de producción

Pérdida	Cálculo	Impacto en la eficiencia (%)
Desperfectos mecánicos	Se pueden determinar, registrando y sumando el tiempo durante el cuál la máquina esta parada debido a causas de origen mecánico.	$\frac{T \text{ paro}}{T \text{ programado}}$
Ajustes por cambio	Se obtienen, registrando el tiempo que duren los ajustes por cambio de presentación de un producto a otro.	$\frac{T \text{ de cambio}}{T \text{ programado}}$
Paros menores	Se determinan, registrando y sumando el tiempo que una máquina esta parada por paros menores (ajustes, cambios de papel, etc.).	$\frac{T \text{ paro}}{T \text{ programado}}$
Velocidad reducida	Se obtiene, determinando el tiempo durante el cual una máquina estuvo trabajando con una velocidad menor a la velocidad de diseño o estándar.	$\frac{T \text{ Vr}}{T \text{ prog.}} \times \left(1 - \frac{Vr}{Vstd} \right)$
Defectos y repetición de trabajos	Se determina, calculando la cantidad de producción defectuosa que se fabricó, para posteriormente relacionarla con el tiempo perdido de producción.	$\frac{\text{Unidades defectuosas}}{Vstd \times T \text{ programado}}$
Arranque	Se obtiene, determinando el tiempo durante el cual una máquina estuvo parada, con velocidad reducida, o produciendo defectuosamente, debido a ajustes por arranque.	$\frac{T \text{ arranque}}{T \text{ programado}}$
<p>Nomenclatura: T: Tiempo dado en horas (h). T paro: Tiempo en el cuál la máquina esta sin funcionamiento (h). T programado o T prog.: Tiempo planeado de funcionamiento de una máquina sin considerar ningún tipo de pérdidas de producción (h). T Vr: Tiempo de funcionamiento de una máquina a un velocidad diferente a la velocidad estándar. Vr: Velocidad real de una máquina diferente a la velocidad estándar. Vstd: Velocidad estándar o de diseño de una máquina.</p>		

Fuente: Propuesta.

De acuerdo a la tabla anterior las variables más importantes a controlar y a analizar respecto a las pérdidas de producción son:

- Tiempos de paro (mecánicos, ajustes, por cambio, arranque, etc.).
- Tiempos programados.
- Velocidades reales de máquina.
- Unidades defectuosas.

Determinadas estas variables se puede calcular fácilmente las incidencias de las pérdidas de producción en la eficiencia de cada máquina (impacto en la eficiencia). Los datos de estas variables de tres meses consecutivos en las máquinas de empaque de Niasa, se muestran en las tablas siguientes:

Tabla LVIII. Variables de pérdidas de producción en máquinas de empaque

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Desperfectos mecánicos (h)	51.71	43.79	60.20
Ajustes por cambio (h)	17.67	10	8
Paros menores (h)	57.27	40.33	48.35
Unidades defectuosas (u)	15384	10107	12120
Arranque (h)	10.27	10.83	15.80
Tiempo programado (h)	1620	906	1020

Fuente: Muestreos en procesos de producción.

Tabla LIX. Tiempos y velocidades reducidas en máquinas de empaque

No.	Vstd (u/min)	Mes 1		Mes 2		Mes 3	
		T Vr (min)	Vr (u/min)	T Vr (min)	Vr (u/min)	T Vr (min)	Vr (u/min)
1	600	45	590	30	510	90	595
2	600	20	575	60	595	15	580
3	600	69	580	100	590	9	575
4	600	40	598	30	590	45	590
5	600	15	590	40	575	130	590
6	600	90	585	15	585	40	580
7	600	129	590	132	535	35	585
8	600	45	525	70	540	81	580
9	600	50	540	15	535	12	535
10	600			18	580	9	540
11	600			15	545		
12	600			129	575		

Fuente: Muestreos en procesos de producción.

Si a los siguientes datos se le aplican las fórmulas dadas anteriormente, obtenemos como resultado la siguiente tabla resumen.

Tabla LX. Resumen de ineficiencias por pérdidas de producción (%) en máquinas de empaque

	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Desperfectos mecánicos	3.19	4.83	5.90
Ajustes por cambio	1.09	1.10	0.78
Paros menores	3.54	4.45	4.74
Velocidad reducida	0.02	0.07	0.03
Defectos y repetición de trabajos	0.03	0.03	0.03
Arranque	0.63	1.20	1.55
Ineficiencia por pérdidas	8.50	11.69	13.04
Eficiencia	91.50	88.31	86.96

El análisis de las ineficiencias por pérdidas de producción, puede realizarse haciendo un diagrama de Pareto con los datos obtenidos, y así tener un mejor panorama de las ineficiencias que más afectan, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 49. Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 1

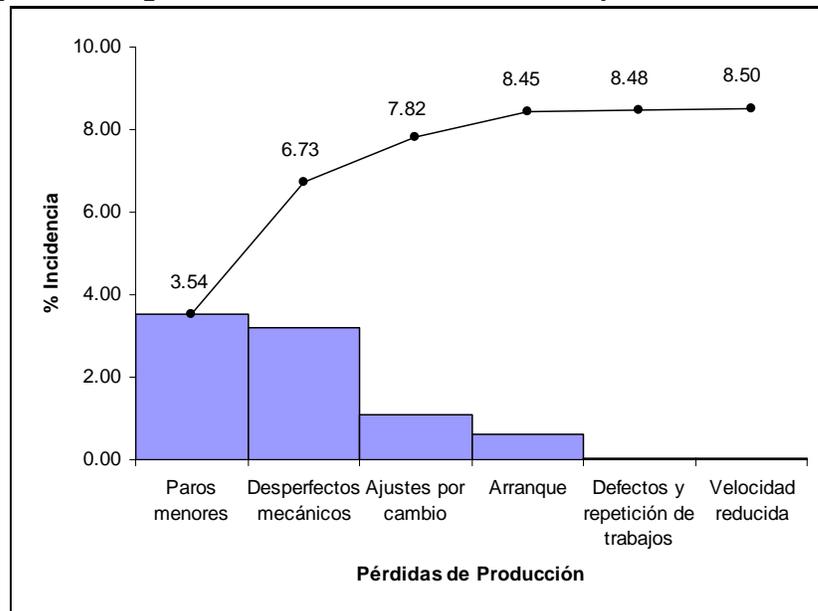


Figura 50. Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 2

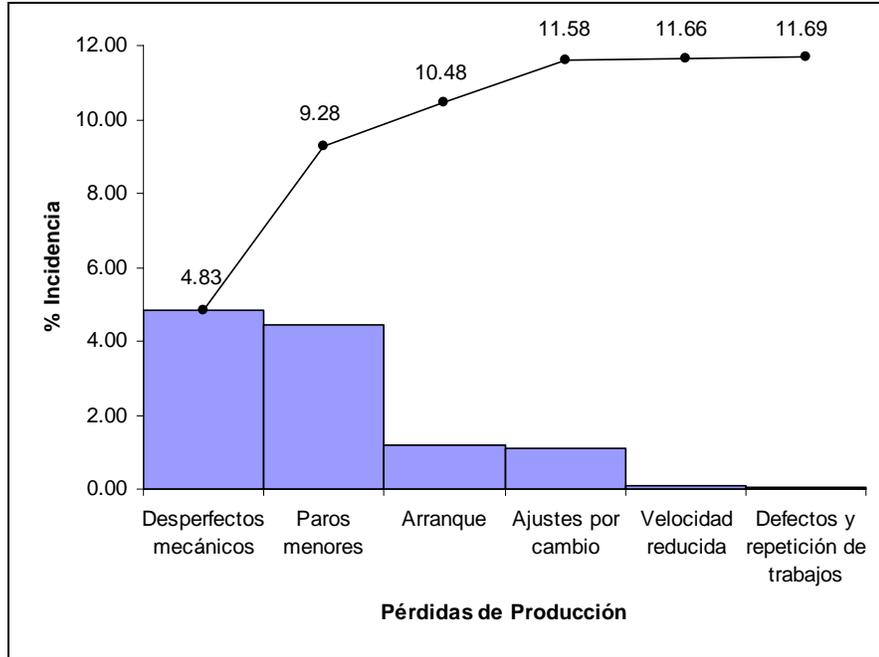
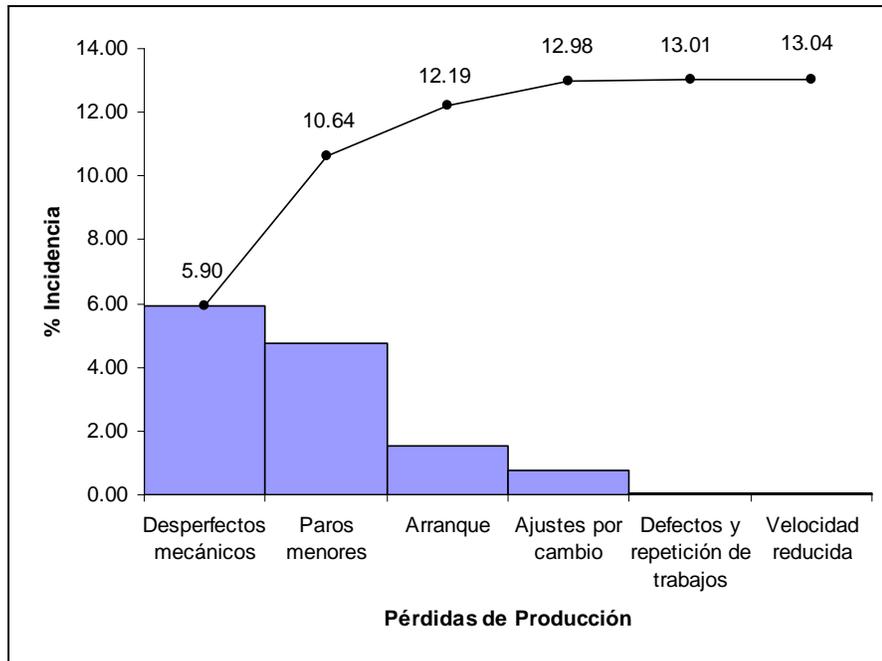


Figura 51. Diagrama de Pareto de ineficiencias de producción del mes 3



Las pérdidas que más afectan la eficiencia son los desperfectos mecánicos, los paros menores y los arranques, que pueden ser minimizados siguiendo las actividades del mantenimiento autónomo.

5.2.2 Pérdidas crónicas

Las pérdidas crónicas están estrechamente relacionadas con la confiabilidad de la maquinaria y equipo, ya que estas son más difíciles de detectar y eliminar. En la mayoría de los casos los pequeños defectos que se pasan desapercibidos y no se les pone la atención adecuada suelen convertirse en pérdidas crónicas en un futuro. Como confiabilidad podemos definir a la probabilidad en la cual podemos disponer de un equipo para que realice sus funciones satisfactoriamente en un periodo de tiempo. Mientras menor es la confiabilidad de un equipo mayor son las pérdidas crónicas a consecuencia de los defectos pequeños que no son tratados ni analizados a tiempo. Estos defectos pequeños son conocidos también como defectos ocultos.

5.3 Productividad en maquinaria y equipo

La productividad de maquinaria y equipo se puede obtener a través del concepto de productividad total efectiva de los equipos, PTEE.

5.3.1 Aprovechamiento del equipo

El aprovechamiento del equipo es una medida que indica el tiempo calendario que son utilizados los equipos. Esta medida no esta en las manos de los departamentos de mantenimiento o producción, más bien depende de los altos directivos y en algunas ocasiones de la demanda de los productos.

En organizaciones existen máquinas o equipos que solo son utilizados para realizar un tipo de producto, que si no esta bien posicionado en el mercado, el equipo o maquinaria se utilizará esporádicamente, obteniendo muy poco aprovechamiento de él. Otros factores que afectan esta medida es la programación de los equipos, mientras se realiza la planeación de la producción, así como el tiempo utilizado para realizar mantenimientos preventivos.

En algunas situaciones este indicador no representa gran valor para algunos departamentos, pero como consecuencia de su análisis se pueden determinar situaciones como:

- Analizar la factibilidad de realizar en un mismo equipo varias líneas de productos, para aumentar su aprovechamiento.
- Realizar planes de mantenimiento preventivo mejor estructurados.

El aprovechamiento del equipo (AE), es un porcentaje de tiempo calendario en relación al tiempo que ha sido utilizado para producir.

$$AE = \frac{T \text{ producción}}{T \text{ calendario}}$$

Para determinar el tiempo calendario, se puede realizar por día, semana, mes o por año, dependiendo de los objetivos del análisis de este indicador.

Al analizar por día o semanalmente, se estaría determinando básicamente la eficiencia del equipo considerando los tiempos de producción no programados, pero si se analiza mensual o anualmente se estarían analizando otros factores como el tiempo que el equipo se encuentra sin producción debido a baja demanda, o por no tomarlo en cuenta en la programación de la producción.

Para análisis de productividad del equipo, se considera que es más adecuado trabajar el tiempo calendario diariamente. Como ejemplo, el tiempo calendario en un mes sería el siguiente:

$$\text{Tiempo calendario} = 30 \text{ días} \times 24 \text{ horas}$$

$$\text{Tiempo calendario} = 720 \text{ horas}$$

El tiempo calendario en un día sería:

$$\text{Tiempo calendario} = 24 \text{ horas} = 1440 \text{ minutos}$$

Ahora para obtener el tiempo de producción, se deben de considerar los siguientes factores:

- Tiempo no programado.
- Tiempo de paros planeados.

El tiempo no programado se determina obteniendo durante el mes el tiempo total que no fue programado el equipo durante la producción. Por ejemplo, si durante un mes la máquina fue programada con 12 horas de producción de lunes a viernes, el tiempo no programado fue de 456 horas al mes o 12 horas diarias.

El tiempo de paros planeados considera el tiempo de mantenimiento preventivo programado, así como descansos, acciones de mejora tanto en el equipo como en los operarios, entre otros. Por ejemplo, si durante el mes, es planificado realizar mantenimiento preventivo al equipo durante 8 horas, o en determinado día se realizó una capacitación a los operarios que duró 2 horas.

Al haber considerado estos dos factores, el tiempo de producción quedaría como:

$$T \text{ producción} = T \text{ calendario} - (T \text{ no programado} - T \text{ paros planeados})$$

Si, consideramos los datos mensuales de los ejemplos dados anteriormente:

$$T \text{ producción} = 720 \text{ horas} - (456 \text{ horas} - 8 \text{ horas} - 2 \text{ horas})$$

$$T \text{ producción} = 254 \text{ horas}$$

Determinando, el aprovechamiento del equipo:

$$AE = \frac{254}{720}$$

$$AE = 35.27 \%$$

El resultado se debe de interpretar de la siguiente forma, de las 720 horas que se dispone del equipo durante el mes, solo el 35.27% de esas horas se puede aprovechar.

Obviamente este indicador no representa gran interés para algunas personas, sobre todo en producción o mantenimiento, pero si se desea mejorarlo se podría considerar realizar las acciones necesarias, para aumentar la demanda del producto, o si el equipo lo permite realizar varios productos en él, reduciendo costos en mano de obra, en la utilización de otra maquinaria, etc.

5.3.2 Efectividad global

Este indicador evalúa el rendimiento de los equipos cuando estos están en funcionamiento, siendo una medida de productividad. Sus siglas son OEE que provienen de su nombre en inglés “*overall equipment effectiveness*” (efectividad global del equipo) y considera las grandes pérdidas que resultan en los equipos.

Para la determinación de la efectividad global se consideran tres factores:

- Disponibilidad de los equipos.
- Eficiencia.
- Pérdidas por calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Pérdidas por calidad}$$

5.3.2.1 Disponibilidad

La disponibilidad del equipo es una medida que considera las pérdidas por desperfectos de maquinaria, y pérdidas por ajustes por cambio. El cálculo de la disponibilidad del equipo viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{T operativo}}{\text{T neto disponible}}$$

En donde:

Tiempo neto disponible = T programado + T extra + T de paro permitido

Tiempo operativo = T neto disponible – T paros

T paros = T paros operativos + T paros mecánicos + T paros por cambio...

El tiempo neto disponible considera el tiempo necesario de producción que estaría en funcionamiento una máquina. El tiempo de paro permitido varía de un equipo a otro, y esta dado por aqueos paros que son inevitables en la operación, como el calentamiento de una máquina para iniciar la producción, paros por cambios de material de empaque, por limpieza, etc. Para obtener un dato estándar del tiempo de paro permitido, regularmente se considera un 15% del tiempo total de funcionamiento del equipo, considerando que no hubiese pérdidas por mala calidad ni pérdidas por baja velocidad, por lo que resulta más adecuado considerar como tiempo de paro permitido un 10% del tiempo total de funcionamiento del equipo. En otras palabras el tiempo de paro permitido quedaría como:

$$\text{T paro permitido} = 0.1 \text{ T funcionamiento}$$

$$\text{T paro permitido} = 0.1 \times (\text{T programado} + \text{T extra})$$

Por lo cuál si se sustituye la formula anterior en la fórmula de tiempo neto disponible quedaría:

$$\text{Tiempo neto disponible} = 1.10 \times (\text{T programado} + \text{T extra})$$

Si se analiza la fórmula el tiempo neto disponible, es el tiempo de funcionamiento que un equipo necesita para cumplir su producción, considerando las pérdidas permitidas.

Si se sustituye la fórmula de tiempo neto disponible encontrada recientemente en la fórmula de disponibilidad del equipo, y se realiza un poco de aritmética, obtenemos:

$$\text{Disponibilidad} = 1 - \frac{T \text{ paros}}{1.1 \times (T \text{ programado} + T \text{ extra})}$$

La disponibilidad del equipo se mejora con la eliminación de los tiempos de paros ocasionados por desperfectos mecánicos y por pérdidas por ajustes y preparación del equipo. La disponibilidad mínima del equipo debe ser del 90%.

5.3.2.2 Eficiencia

La eficiencia del equipo viene dada por la relación entre la producción real y la producción teórica. La producción teórica de un equipo no considera pérdidas de ningún tipo y se basa en la velocidad de diseño o estándar de la misma. Por lo tanto la eficiencia de un equipo esta relacionada con las pérdidas por velocidades reducidas, por paros menores y por tiempos muertos, por lo que una forma de calcular la eficiencia de un equipo considerando las dos pérdidas anteriores, partiendo del concepto de eficiencia es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{REAL}}{\text{TEÓRICO}}$$

$$\text{Eficiencia} = \eta \text{ velocidad} \times \eta \text{ paros}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} \times \frac{\text{T neto disponible}}{\text{T operativo}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} \times \frac{1.1(\text{T programado} + \text{T extra})}{1.1(\text{T programado} + \text{T extra}) - \text{T paros}}$$

La primera expresión de la fórmula considera las pérdidas por velocidad reducida además de los tiempos muertos ocasionados por paros en el equipo, mientras que la segunda expresión considera las pérdidas ocasionadas por pérdidas por paros menores, por ajustes por cambio, por desperfectos mecánicos, entre otros, que ocasionen pérdidas en tiempo de funcionamiento, por lo cuál este indicador puede ser mejorado con la eliminación de las pérdidas por velocidad, paradas menores y tiempos muertos, una buena eficiencia del desempeño de la maquinaria es del 95%.

5.3.2.3 Pérdidas por calidad

Las pérdidas ocasionadas por la mala calidad de un producto generando defectos, se pueden expresar en el tiempo utilizado de la maquinaria que por alguna variación ocasiono defectos o mala calidad en el producto. Este tiempo es una pérdida de producción, debido a la disminución de la producción real y al tiempo que se utiliza para el reproceso del mismo si es posible realizarlo (pérdidas por defectos y repetición de trabajos). Este tiempo es representado por las siglas FTT, que provienen de la frase en inglés "*first try time*" (calidad al primer intento) y se puede obtener de la siguiente fórmula:

$$\text{FTT} = \frac{\text{Producido} - \text{Defectuoso}}{\text{Producido}}$$

En donde:

Producido: es la suma de la producción sin defectos y con defectos, dada en unidades, unidades de peso, volumen, longitud, etc.

Defectuoso: es la cantidad de producción que no cumple con las características de calidad requeridas. Hay que resaltar que aquí se incluyen todas las unidades defectuosas incluyendo aqueas que serán reprocesadas, debido a que se genero una pérdida de producción.

El valor mínimo para este indicador es del 99%, es decir, que solo es permitido el 1% de producto defectuoso. El producto que no puede ser reprocesado se considera merma, y el producto que puede ser reprocesado es considerado como reciclado (% mermas + % reciclado < 1%).

Considerando el valor adecuado de todos los factores que afectan la efectividad global tenemos:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Pérdidas por calidad}$$

$$\text{OEE} = 90\% \times 95\% \times 99\%$$

$$\text{OEE} = 85\%$$

La efectividad global del equipo OEE, es un indicador que sirve para identificar las áreas críticas de los equipos, identificando las pérdidas que mayor impacto tienen en la improductividad.

➤ **Programa de mantenimiento autónomo en las líneas de producción**

El mantenimiento autónomo involucra a los operadores, y requiere que estos conozcan y entiendan a su equipo. Para lograr esto se requiere de las siguientes habilidades por parte del operador:

- Identificar condiciones normales y anormales de funcionamiento del equipo.
- Mantener las condiciones normales del equipo.
- Ante condiciones anormales, habilidad para analizar, diagnosticar y ajustar el equipo, para restaurarlo a sus condiciones normales.

Para la generación de un programa de mantenimiento autónomo es necesario realizar una lista de actividades con el propósito de mejorar la conservación, prevención, predicción, corrección y mejoramiento del funcionamiento de los equipos, así como para mejorar los indicadores como lo son la disminución de pérdidas de producción y con esto aumentar la efectividad global de los equipos (OEE).

En la siguiente figura se muestra un programa con las actividades del mantenimiento autónomo para la maquinaria de Industria Procesadora de Guatemala, S.A.

Figura 52. Programa de mantenimiento autónomo para maquinaria y equipo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO							
Actividad	DÍAS						
	L	M	M	J	V	S	
Limpeza de rutina	■						
Limpeza y eliminación de contaminación							
Inspección de rutina	■						
Inspección mayor							
Intervenciones menores							
Controles visuales	■	■	■	■	■	■	■
Lubricación básica							
Lubricación mayor							
Análisis de problemas							
Solución de problemas	■	■	■	■	■	■	■
Análisis de mejoras							
Ejecución de mejoras							

El programa de mantenimiento autónomo contempla todas las actividades que involucran a los operadores. La limpieza de rutina debe de realizarse cada día de producción a intervalos planificados, paralelamente a la inspección rutinaria. Las inspecciones mayores, la limpieza mayor, la eliminación de fuentes de contaminación y la lubricación mayor, deben de realizarse en ocasiones donde no perjudiquen la planificación de la producción, o en paros de producción programados, con el objetivo de realizar un mejor análisis de la máquina y que también participe el personal de mantenimiento para detectar situaciones críticas que no perjudiquen en los arranques de la maquinaria.

Cuando la maquinaria se encuentre ya en producción continua, todo el tiempo debe de ser controlada visualmente, para detectar variaciones anormales que puedan afectar tanto la productividad y desempeño de la maquinaria o equipo, así como afectar la calidad del producto. Si el control es el adecuado pueden detectarse anomalías y solucionarlas rápidamente, por tal motivo siempre deben de programarse intervenciones menores (ajustes, cambios de empaque, etc.), análisis y soluciones de problemas que se puedan presentar durante la producción, así como la detección de oportunidades de mejorar el desempeño de la maquinaria. Todas estas actividades deben de ser registradas por el operador en una bitácora o en un formato para su continuo estudio.

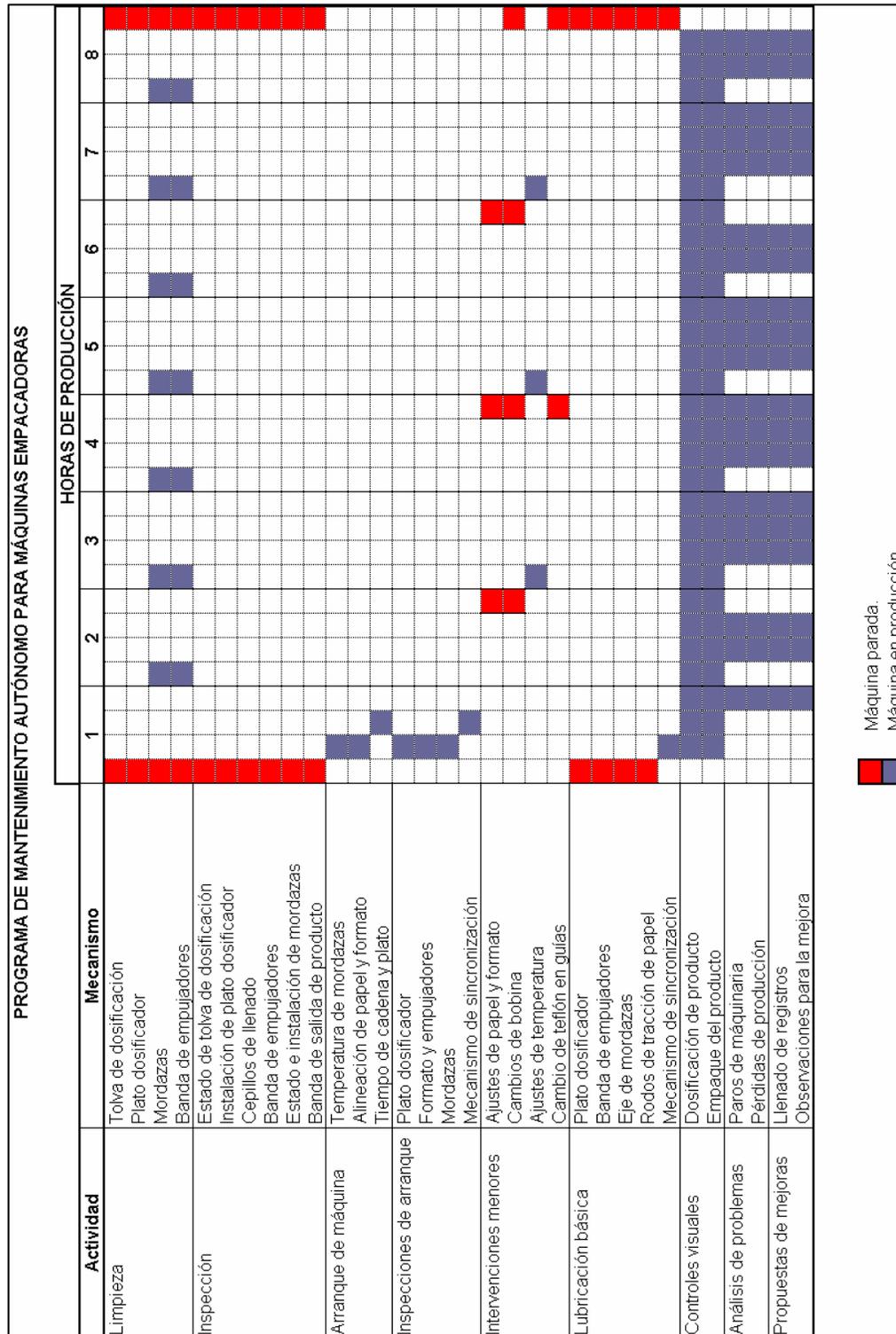
Todas las mejoras detectadas que sean factibles de ejecutar deben de ser realizadas en un paro programado, o cuando no exista producción, así como los ajustes y correcciones en mecanismos y piezas que necesiten paros prolongados y que han sido detectados durante la fase de producción, pero que no estén afectando el desempeño ni la calidad. Estas actividades deben de realizarse planificadamente, para no afectar la eficiencia de la producción ni ocasionar retrasos en entregas.

Para poder cumplir con todas las actividades del mantenimiento autónomo, es de vital ayuda la creación e implementación de una lista de verificación o *check list*, que contemple todas las actividades y tareas a realizar por el operador en la maquinaria o equipo, mecanismos donde realizara cada actividad, así como el orden y tiempo máximo en finalizar todas las actividades del mantenimiento autónomo. Las listas de verificación son más detalladas a un programa de mantenimiento autónomo de maquinaria.

Esta lista de verificación varía de acuerdo a la maquinaria que se este utilizando, ya que los mecanismos, piezas, formas de limpieza y lubricación, varía en cada una de ellas. Con el transcurso del tiempo, estas listas de verificación deben ser mejoradas o en algunas situaciones se eliminarán debido a que se incorporarán a la rutina de trabajo del operador de la máquina.

A continuación se muestra una lista de verificación de mantenimiento autónomo para maquinaria de empaque de Industria Procesadora de Guatemala, S.A.

Figura 53. Programa de mantenimiento autónomo y lista de verificación para máquinas empacadoras



■ Máquina parada.
■ Máquina en producción.

CONCLUSIONES

1. La mejora continua en los procesos de producción se puede realizar implementando la metodología six sigma, para obtener la disminución de defectos de producción y el desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo para aumentar la productividad de la maquinaria.
2. La satisfacción del cliente sobre su percepción del producto y/o servicio, es posible determinarla y medirla a través del desarrollo de una encuesta. El aumento de la satisfacción del cliente se realiza a través de la minimización de los defectos de producción y del control de los factores críticos de calidad.
3. La mejora de la conformidad de los productos de confitería se logra a través del control, análisis y toma de acciones correctivas y preventivas de las variables críticas que afectan la calidad, como lo son temperatura, % de humedad relativa, y peso.
4. Los factores que afectan la eficiencia y desempeño de las líneas de producción de una industria de alimentos de confitería, son los tiempos improductivos, la velocidad de la maquinaria y la producción de unidades defectuosas.

5. El ciclo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) es una herramienta que permite la administración de procesos, con la finalidad de mejorar continuamente los objetivos de los mismos, eliminando las oportunidades de cometer defectos y rediseñando los procesos si es necesario.
6. La estadística es uno de los pilares de la metodología *six sigma*, que a través del uso de herramientas organiza datos, mide la capacidad, efectividad y controla la variación de los procesos, disminuyendo la producción del producto no conforme.
7. La participación del personal y trabajo en equipo es desarrollado por *Six Sigma* a través de los grupos *kaizen*. En la ejecución de proyectos de mejora, se involucran desde los altos directivos hasta al personal operativo, generando con esto una cultura de liderazgo y motivación.
8. *Six sigma* es una herramienta de apoyo al sistema de gestión de calidad de Industria Procesadora de Guatemala S.A., desarrollando de una forma más avanzada y técnica los principios de administración por procesos, participación del personal, decisiones basadas en hechos, y el enfoque al cliente, utilizando herramientas estadísticas y de mejora.
9. A través del desarrollo de las actividades de un programa de mantenimiento autónomo por parte de operarios, es posible aumentar la productividad de los equipos y maquinaria, reduciendo tiempos improductivos, ineficiencias y desperdicios de producción.

RECOMENDACIONES

1. La implementación de *six sigma* requiere desarrollar funciones y responsabilidades específicas por proceso para todo el personal que participe.
2. La participación del personal en la formación de los grupos *kaizen* debe de iniciar con el compromiso e involucramiento de la alta dirección y continuar con la estructura organizacional de la empresa hasta llegar al nivel operativo.
3. Los programas de capacitación para la formación de grupos *kaizen* deben de ser impartidos permanentemente para alcanzar las metas planteadas. No es posible alcanzar ninguna mejora si no se dispone con personal competente. Estos programas de capacitación deben de incluir temas estadísticos para el buen desarrollo de los principios de *six sigma*.
4. El desarrollo de *six sigma* debe de incluir tres enfoques principales: la administración por procesos, la mejora de procesos y el diseño de procesos. Si uno de los enfoques mencionados anteriormente no se lleva a cabo la metodología *six sigma* estará incompleta.
5. La inclusión de *six sigma* como ayuda a un sistema de gestión de calidad desarrollado a través de la norma ISO 9001:2000, debe de realizarse como una metodología de apoyo para desarrollar de una manera más técnica los principios de trabajo en equipo, medición y control de procesos, mejora continua, entre otros.

6. Para determinar los resultados del éxito de una buena implementación de una metodología de calidad como *six sigma*, es a través de la percepción del cliente hacia el producto y el servicio que brinda la organización. Las encuestas son una herramienta para poder medir la satisfacción del cliente, estas deben de implementarse como apoyo al principio de enfoque al cliente estipulado en un sistema de gestión de calidad, realizarse a intervalos planificados y asegurándose que la información obtenida no sea alterada.
7. El principal obstáculo a vencer para desarrollar un plan de mantenimiento autónomo es la participación del personal operativo, el cual requiere un cambio cultural tanto organizacional como de cada operario. Para lograr vencer esta resistencia al cambio es necesario desarrollar una dirección basada en liderazgo y el involucramiento del personal a través del desarrollo de capacitaciones y motivación constante.
8. La creación de listas de verificación por máquina que contenga un programa de mantenimiento autónomo, debe de implementarse para iniciar una cultura de orden y limpieza, así como la búsqueda de la minimización de desperdicios de producción.
9. La cuantificación de las mejoras obtenidas al implementar la filosofía *six sigma* así como al iniciar un programa de mantenimiento autónomo, debe de realizarse a través de la reducción de costos tomando como parámetros la disminución de defectos (reducir re procesos y mermas) y la disminución de tiempos improductivos (paros de producción).

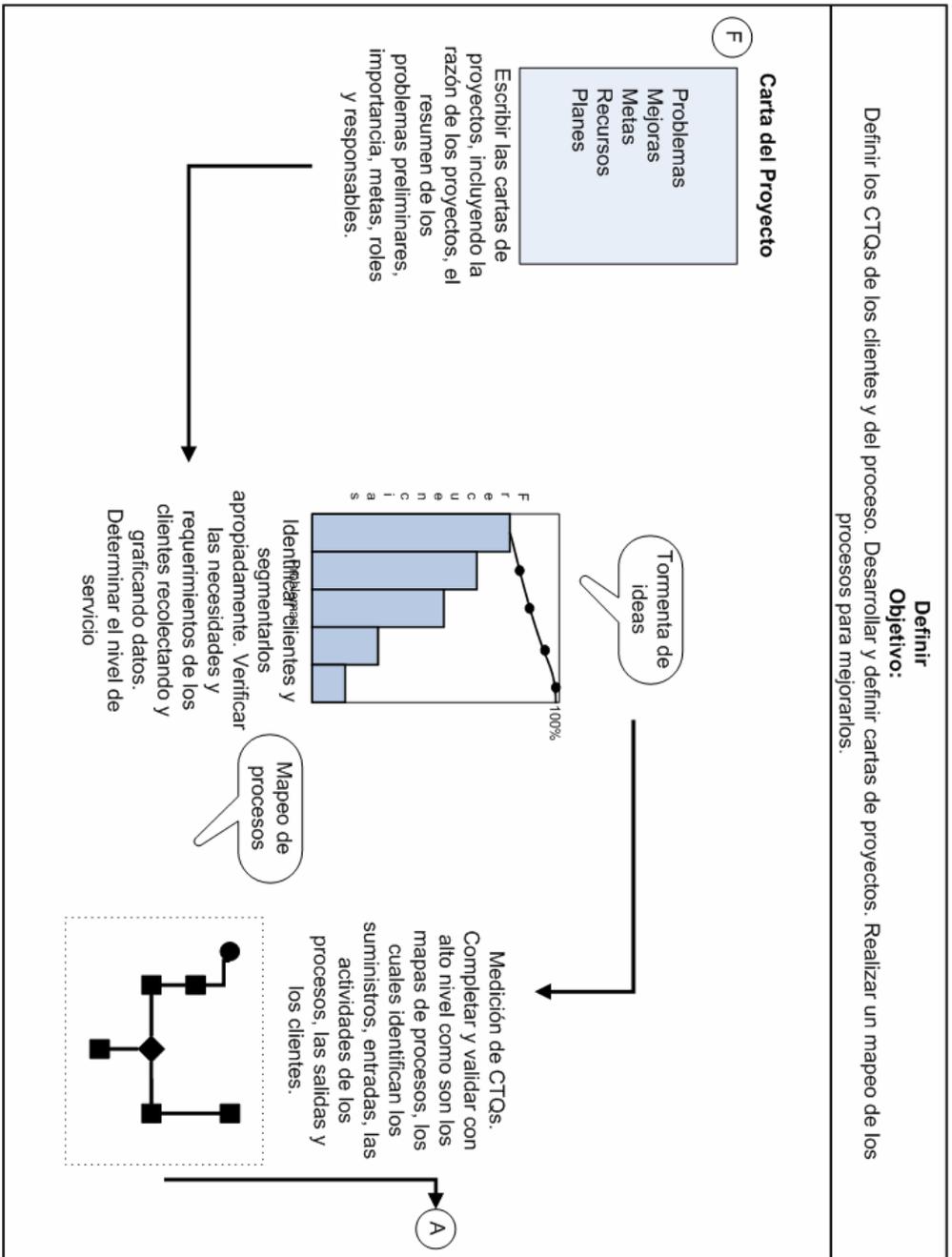
BIBLIOGRAFÍA

- López, Gustavo. **Metodología six sigma: calidad industrial**. México: Neoediciones J&PA, 2001. 14pp.
- Kume, Hitoshi. **Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad**. 5ª. Edición. Colombia: Grupo Editorial Norma, 2002.
- García Palencia, Oliverio. **El mantenimiento productivo total y su aplicabilidad industrial**. Colombia: s.e., 2003.
- Wheat, Barbara *et. al.* **Leaning into six sigma**. s.l.: Grupo Editorial Norma, 2004.
- Chowdhury, Subir. **El poder de seis sigma**. s.l.: Prentice Hall, 2001.
- Ishikawa, Kaoru. **¿Qué es el control total de calidad?, la modalidad japonesa**. 11ª. Edición. Colombia: Grupo Editorial Norma, 1997. 261pp.
- Leal Tangay, Rodrigo Emilio. Aplicación de la metodología Seis Sigma, para la mejora del retorno sobre activos de la flota de renta de maquinaria pesada. Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2005.

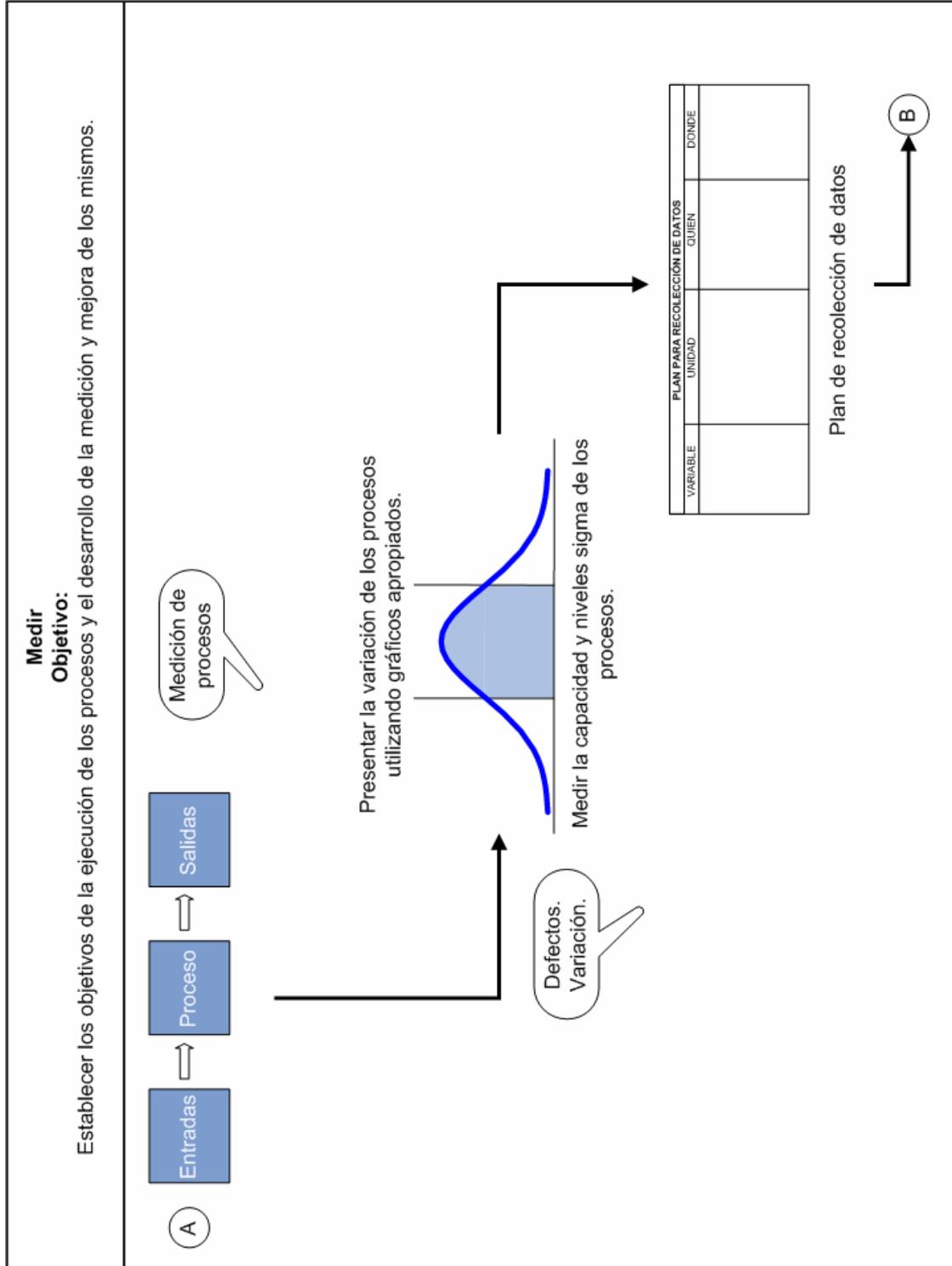
- Caal Galicia, Leonel Augusto. Mejora continúa mediante la utilización de Seis Sigma para la selección y asignación de recursos de sistemas de una empresa dedicada a la producción de lámina galvanizada. Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2005.
- León Lefcovich, Mauricio. Seis sigma: hacia un nuevo paradigma en gestión. **Gestiopolis**. (Argentina): 2005.

ANEXOS

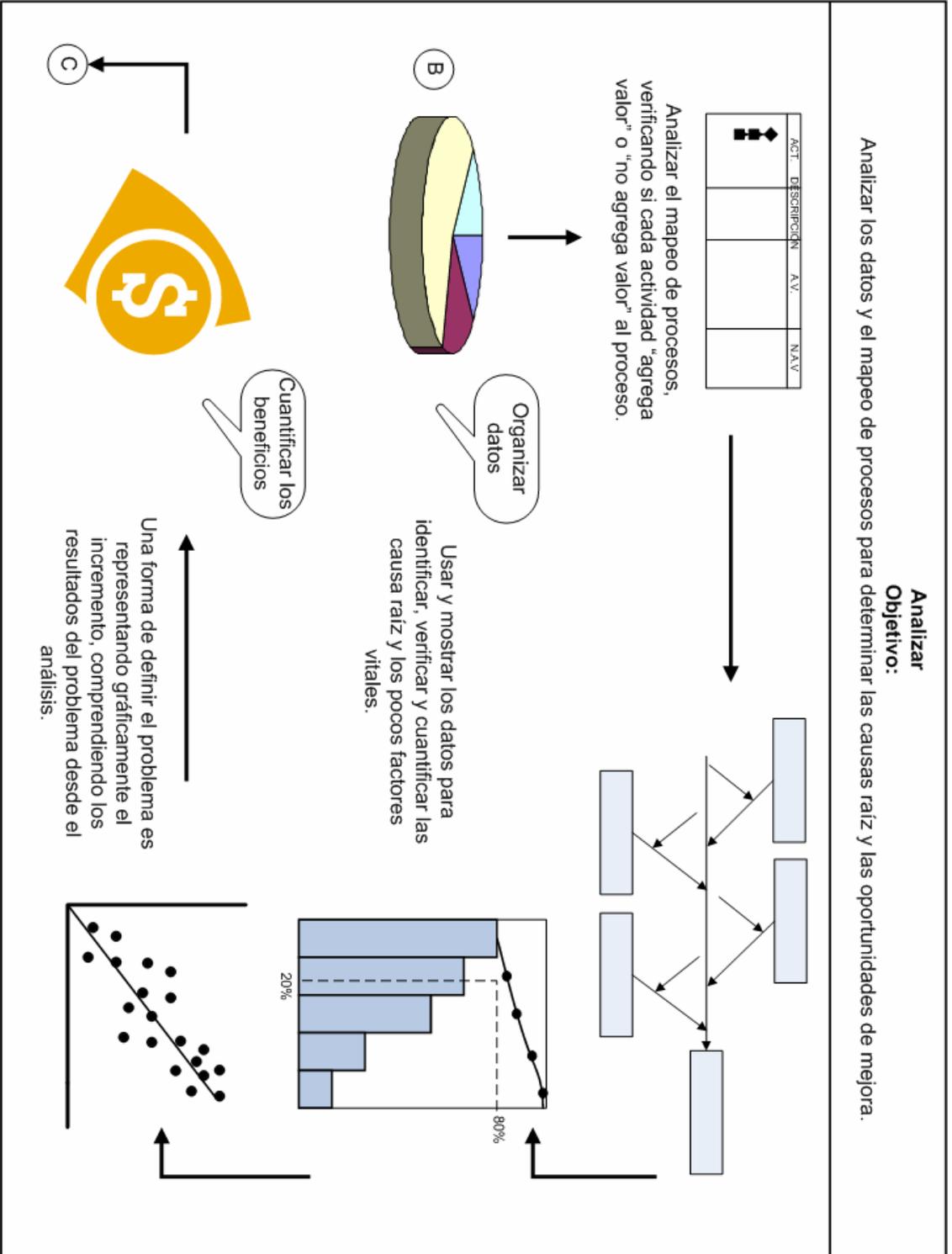
Anexo 1. Herramientas utilizadas para definir problemas, mejoras o proyectos



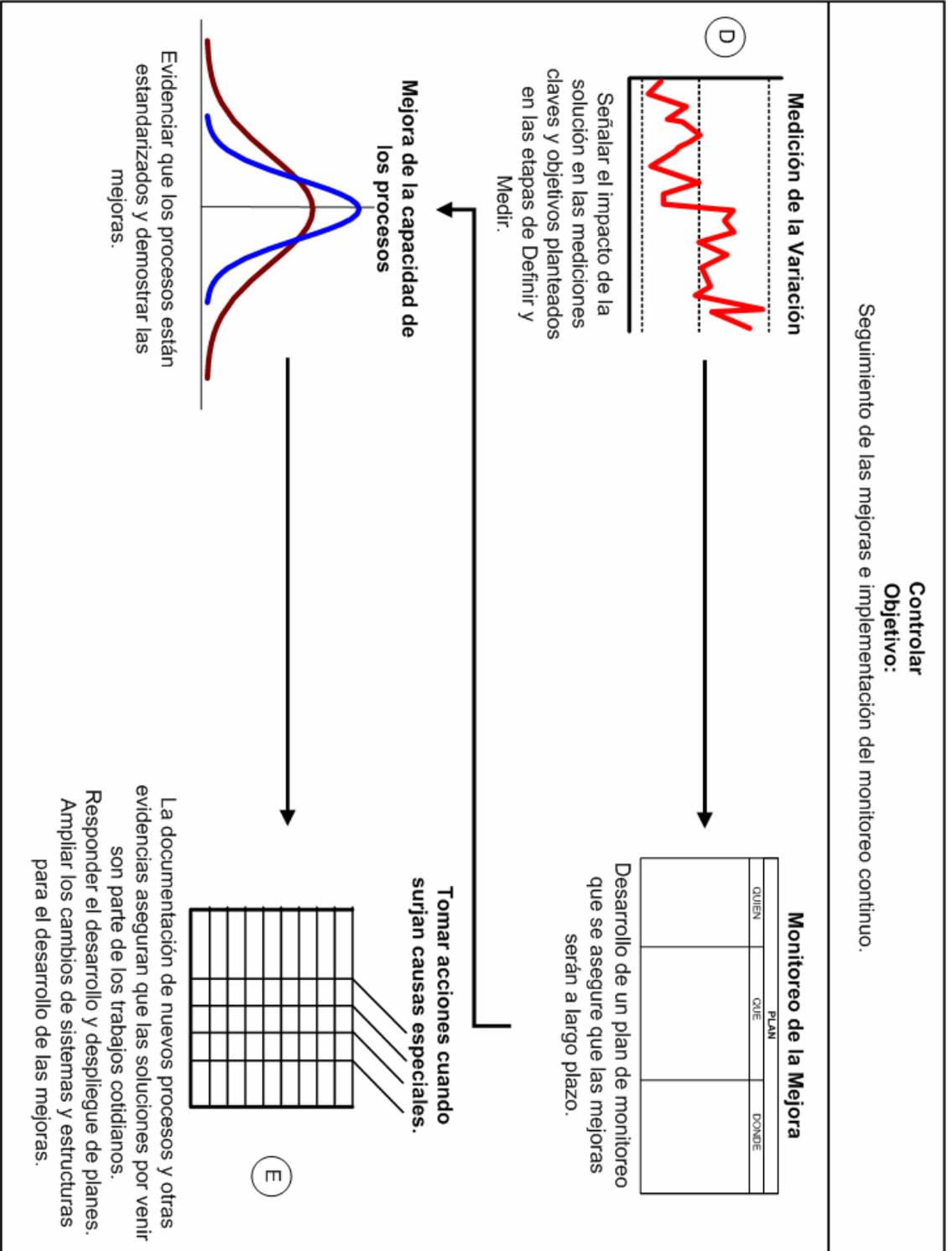
Anexo 2. Herramientas utilizadas para medir problemas o mejoras



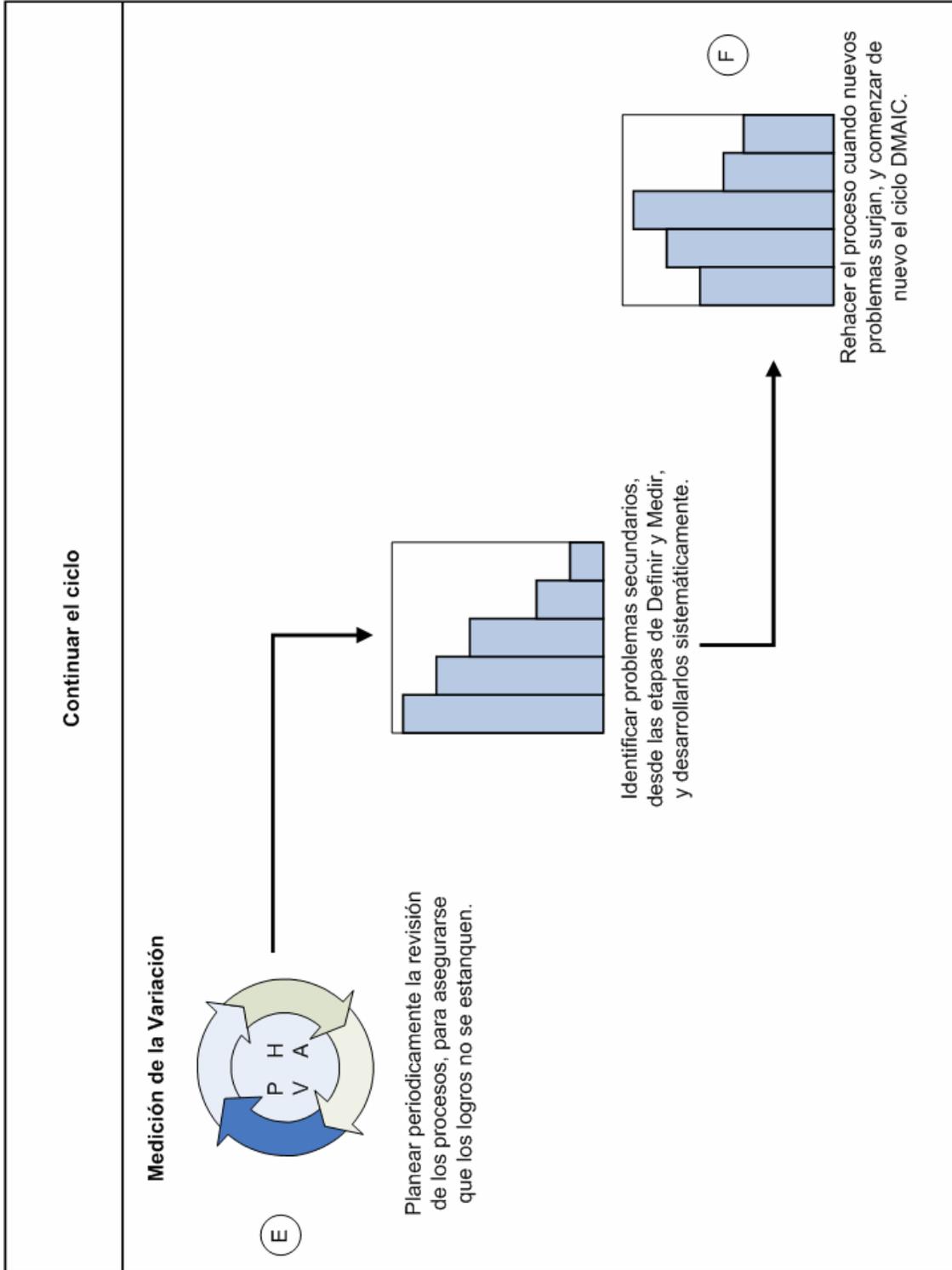
Anexo 3. Herramientas utilizadas para analizar problemas, mejoras o proyectos



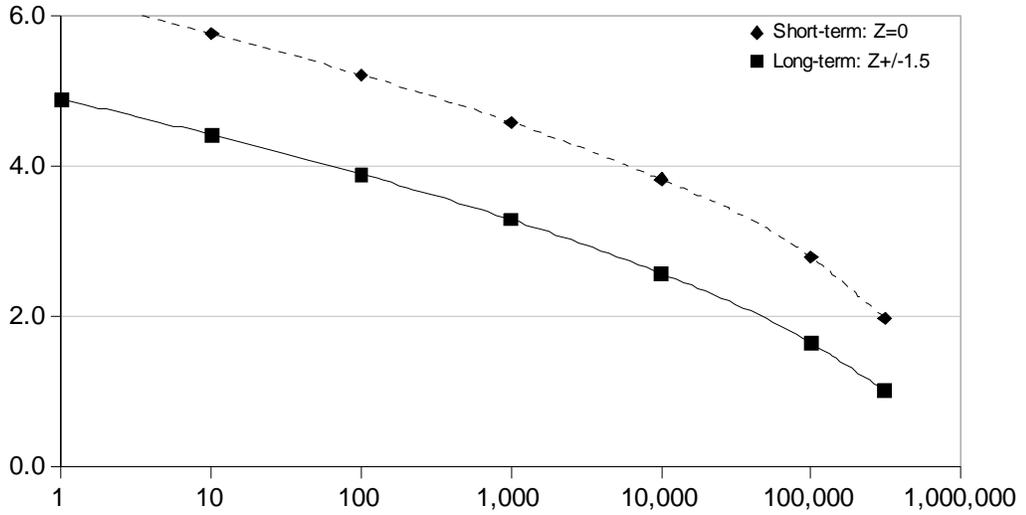
Anexo 5. Herramientas utilizadas para controlar problemas, mejoras o proyectos



Anexo 6. Herramientas utilizadas para la continuación del ciclo DMAIC

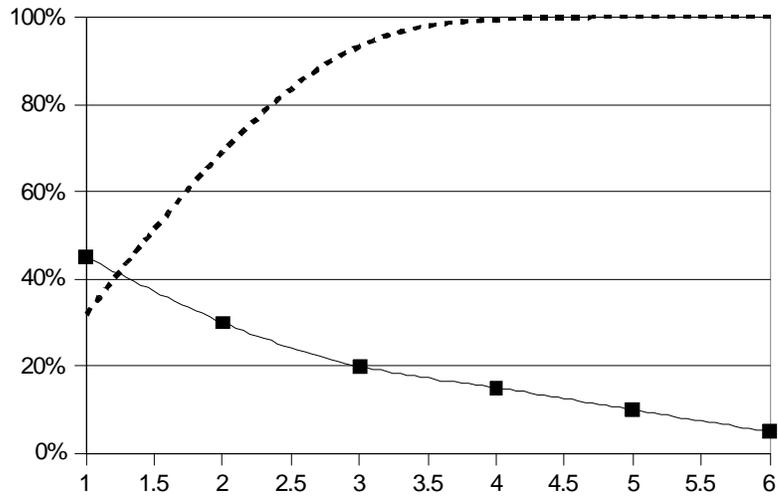


Anexo 7. Gráfica de nivel sigma versus dpmo



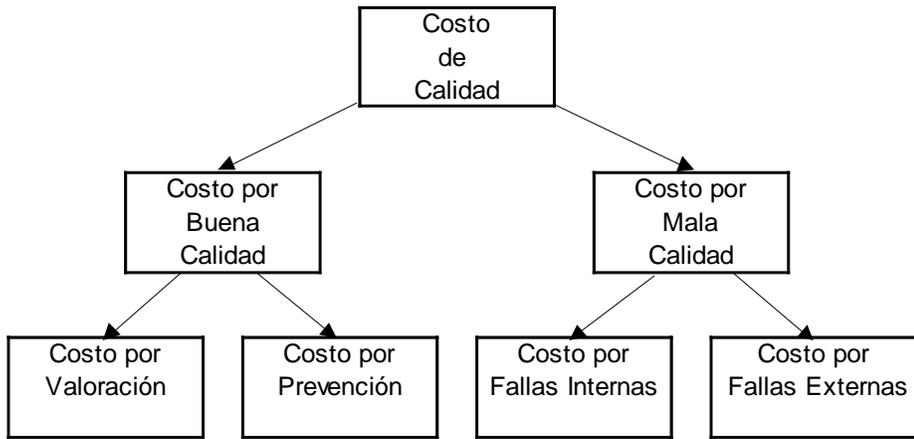
Fuente: Programa Lean6 de LΣan Map

Anexo 8. Porcentaje de eficiencia y porcentaje de costo por mala calidad versus nivel sigma



Fuente: Programa Lean6 de LΣan Map

Anexo 9. Diagrama de costos de buena y mala calidad



Fuente: Programa Lean6 de LΣan Map

Anexo 10. Ciclo básico para el análisis de procesos



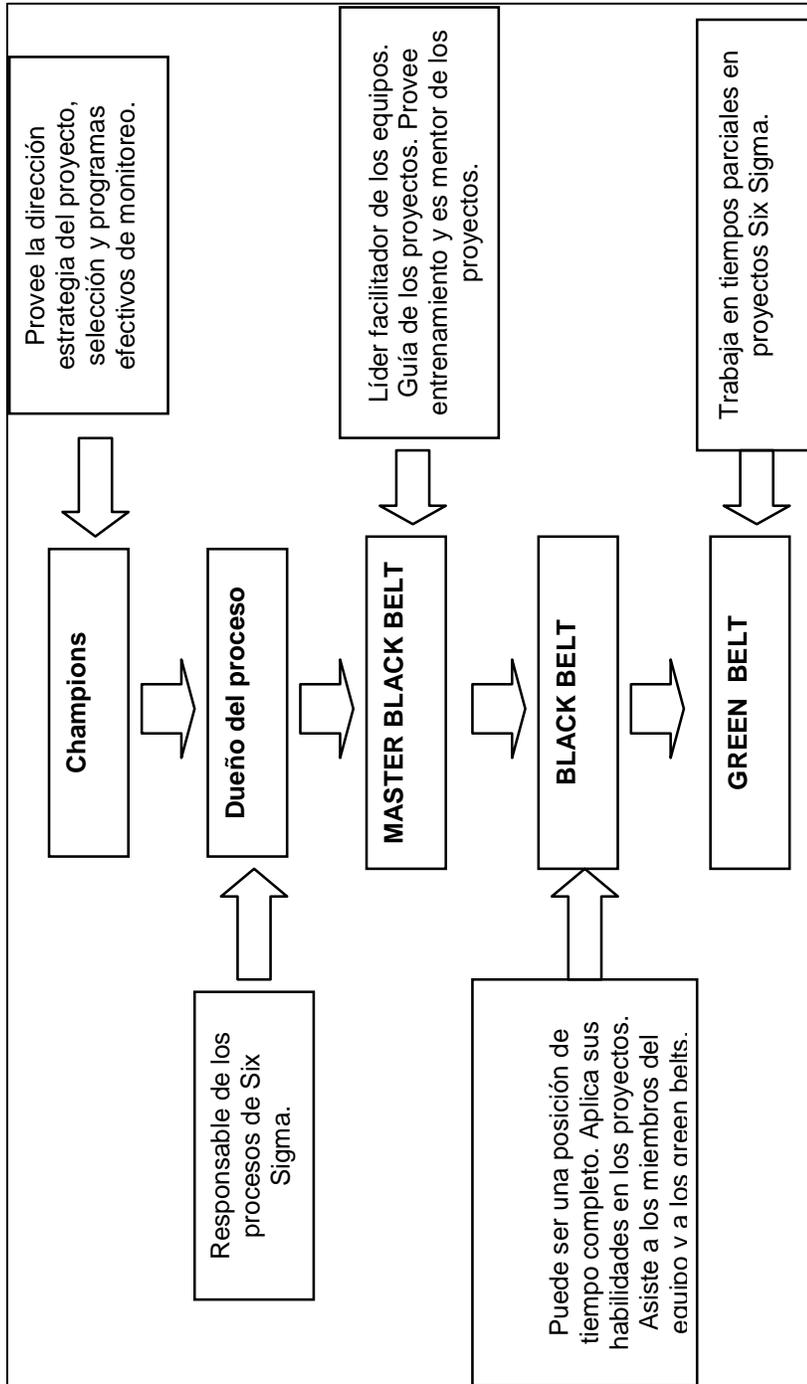
Fuente: Mercedes, Claudia. Estrategia Seis Sigma. Página 29.

Anexo 11. Análisis six sigma por operación de un proceso

Parametro	Símbolo	Funcionamiento del proceso					Total
		Operaciones					
Numero de operaciones	m	1	2	3	4	5	5
Unidades de entrada	Ui	1,000	990	981	971	961	1,000
Oportunidades de error	O	5	2	3	1	1	-
Defectos	D	10	9	10	10	10	49
Unidades de salida	Uo	990	981	971	961	951	951
Eficiencia de producción	$YTP = Uo/Ui$	99.00%	99.09%	98.98%	98.97%	98.96%	95.10%
Eficiencia de producción enrolada	$YRT = YTP1 * YTP2...$	99.00%	98.10%	97.10%	96.10%	95.10%	95.10%
Defectos por unidad	$DPU = D/U$	1.000%	0.909%	1.019%	1.030%	1.041%	4.900%
Total de oportunidades	$TOP = U * O$	5,000	1,980	2,943	971	961	11,855
Defectos por unidad-opportunidades	$DPO = D/TOP$	0.200%	0.455%	0.340%	1.030%	1.041%	0.413%
Defectos por millon de oportunidades	$DPMO = DPU * 1E6$	2000	4545	3398	10299	10406	4133
Producción normalizada	$YNOM = YRT * (1/m)$	99.00%	99.05%	99.02%	99.01%	99.00%	99.00%
Nivel sigma a corto plazo	$ZST = (\alpha = DPU)$	2.3	2.4	2.3	2.3	2.3	1.7
Nivel sigma a largo plazo	$ZLT = ZLT + 1.5$	3.8	3.9	3.8	3.8	3.8	3.2

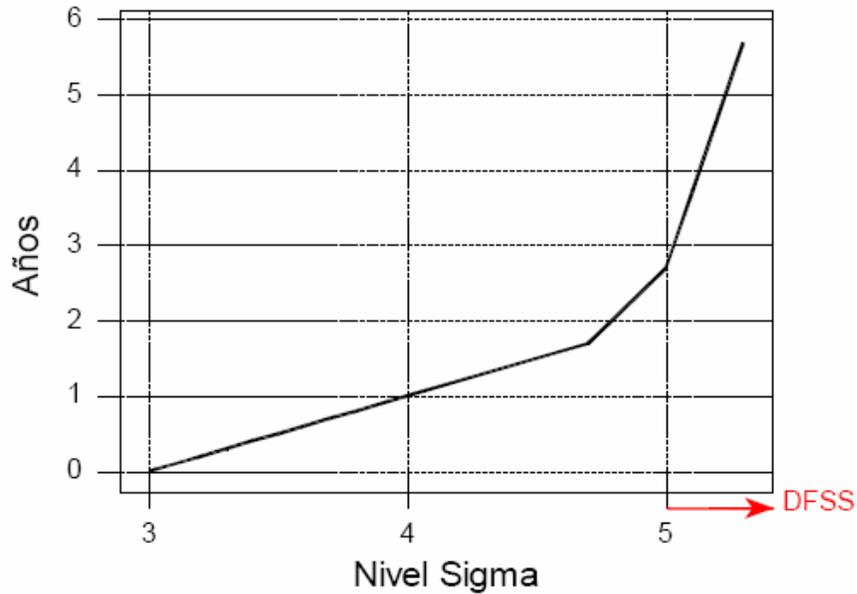
Fuente: Programa Lean6 de LΣan Map

Anexo 12: Diagrama de responsabilidad y autoridad de un grupo kaizen



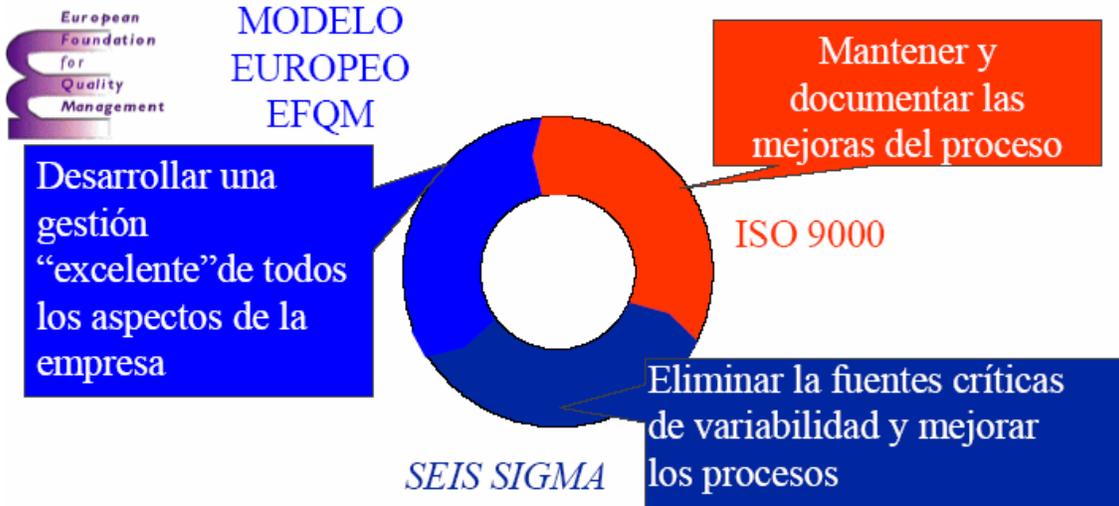
Fuente: Ramu, Govind. Introduction to Six Sigma. Página 44.

Anexo 13. Gráfica del tiempo en años, para alcanzar el nivel seis sigma, partiendo del nivel tres sigma



Fuente: Ruiz Falcó Roja, Arturo. Seis sigma: mitos y realidades. Página 17.

Anexo 14. Relación entre ISO 9000 Y EFQM, con Six Sigma



Fuente: Ruiz Falcó Roja, Arturo. Seis sigma: mitos y realidades. Página 18.