



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

**PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE
LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y
CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**

Kevin Viedacid Cruz

Asesorado por el Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE
LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y
CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KEVIN VIEDACID CRUZ

ASESORADO POR EL ING. HUGO HUMBERTO RIVERA PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Cristian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Ing. Oscar Estuardo de León Maldonado
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de noviembre de 2017.



Kevin Viedacid Cruz

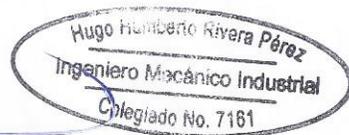
Guatemala, 26 de agosto de 2019

Ingeniero:
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguido Ingeniero Urquizú:

Por este medio hago de su conocimiento que el estudiante: **Kevin Viedacid Cruz**, con número de carné: **201404045**, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, finalizó su trabajo de graduación titulado "**PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**" el cual he asesorado y revisado; cumple con los requisitos y lineamientos correspondientes, por lo que lo doy por aprobado.

Atentamente,



Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7161



REF.REV.EMI.048.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**, presentado por el estudiante universitario **Kevin Viedacid Cruz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga/Brenda Izabel Miranda Consuegra
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Brenda Izabel Miranda Consuegra
Ingeniera Industrial
Colegiado 13.675

Guatemala, mayo de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.169.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**, presentado por el estudiante universitario **Kevin Viedacid Cruz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2019.

/mgp



La Decana 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: **PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET DE BEBIDAS ISOTÓNICAS Y CARBONATADAS CON BASE EN MANTENIMIENTO PROACTIVO**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin Viedacid Cruz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Inga. Aurella Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Octubre de 2019

AACE/asga
/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien es nuestro padre celestial y que hace posible realizar tan honorable y grande logro.
Mi madre	Alma Marisol Cruz, quien ha sido la base y guía en toda mi vida y formación profesional.
Mi hermano	Josué Alexander Cruz, quien me ha dado el apoyo incondicional en todo momento.
Mis hermanos	Quienes son mis compañeros de vida y mi familia eterna.
Mi sobrina	Sofía Gabriela Cardona Cruz, quien le ha dado alegría a toda nuestra familia.
Mis primos	Por apoyarme y creer en mí persona en todo momento.
Mis tíos	Por ser guía y ejemplo en el camino de la vida.
Señorita	Alicia Yaneth Ic Alvarado, quien me acompañó en la trayectoria de mi carrera profesional dándome apoyo y amor.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y segundo hogar, a quien le debo mi licenciatura y toda la enseñanza obtenida en estos 5 años de formación.
Facultad de Ingeniería	Por darme todas las herramientas necesarias para ser un profesional de éxito e inculcarme los valores para ser un líder en la industria guatemalteca.
Mis compañeros de la Facultad	Milton Fuentes, Francisco Cardona, Carlos Cano, Alicia Alvarado, Marvin Teñí, Miguel Cuellar, Aaron Hernández, Ludwin Chávez, Javier Blass, Josué Recinos y Francisco López.
Ingeniero	Hugo Humberto Rivera Pérez, por su apoyo indispensable para hacer posible este logro y su ejemplo como profesional.
Ingeniero	Carlo Alvarado por su valioso tiempo y enseñanza en la industria guatemalteca y que hace posible la realización de este logro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Inicios de la empresa Bebidas Carbonatadas S.A.....	1
1.2. Información general	1
1.2.1. Ubicación geográfica	1
1.2.2. Misión	2
1.2.3. Visión.....	2
1.2.4. Valores	3
1.2.5. Tipo de organización	3
1.2.6. Organigrama de producción	3
1.3. Distribución en planta	5
1.3.1. Área de producción.....	5
1.3.2. Bodega producto terminado.....	6
1.3.3. Bodega materia prima	6
1.4. Producción.....	6
1.4.1. Características.....	7
1.4.2. Tipos de producción	7
1.4.2.1. Producción en serie	7
1.4.2.2. Producción intermitente	8

	1.4.2.3.	Producción por lotes.....	8
1.4.3.		Tiempo de producción.....	9
1.4.4.		Eficiencia.....	9
	1.4.4.1.	Características.....	9
	1.4.4.2.	Eficiencia de mano de obra.....	10
	1.4.4.3.	Eficiencia de materia prima.....	10
	1.4.4.4.	Eficiencia de tiempo.....	10
	1.4.4.5.	Eficiencia remunerada.....	11
		1.4.4.5.1. Teoría de evasión.....	11
		1.4.4.5.2. Teoría de cambio de personal.....	11
		1.4.4.5.3. Teoría de selección adversa.....	12
		1.4.4.5.4. Teoría sociológica.....	12
		1.4.4.5.5. Teoría de unión de trato.....	13
1.4.5.		Paros de producción.....	13
	1.4.5.1.	Paro no programado.....	13
	1.4.5.2.	Paro programado.....	14
1.4.6.		Pronósticos de demanda.....	14
	1.4.6.1.	Ascendente / descendente.....	14
	1.4.6.2.	Estable.....	14
	1.4.6.3.	Cíclico.....	15
1.4.7.		Indisponibilidad externa.....	15
1.5.		Mantenimiento.....	15
	1.5.1.	Definición de mantenimiento.....	15
	1.5.2.	Características.....	16
	1.5.3.	Tipos de mantenimiento.....	16
		1.5.3.1. Mantenimiento preventivo.....	16

1.5.3.2.	Mantenimiento correctivo.....	17
1.5.3.3.	Mantenimiento preventivo.....	18
1.5.3.4.	Mantenimiento de emergencia.....	19
1.5.3.5.	Mantenimiento autónomo	19
1.5.3.6.	Mantenimiento proactivo.....	19
1.5.3.7.	Mantenimiento modificativo	20
1.5.3.8.	Mantenimiento parcial.....	20
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	21
2.1.	Departamento de Producción	21
2.1.1.	Área de llenado y empaque	21
2.1.1.1.	Línea de llenado PET	22
2.1.1.2.	Descripción de línea de llenado.....	22
2.1.1.3.	Equipos de línea de llenado.....	22
2.1.2.	Descripción del producto	24
2.1.2.1.	Bebidas gaseosas	24
2.1.2.2.	Bebidas isotónicas.....	24
2.2.	Descripción de la planta	24
2.2.1.	Área de envase.....	24
2.2.2.	Área de sabores y jarabes.....	25
2.2.3.	Área de agua tratada	25
2.2.4.	Área de materia prima	25
2.2.5.	Área de servicios básicos	25
2.2.5.1.	Energía eléctrica.....	26
2.2.5.2.	Vapor industrial.....	26
2.2.5.3.	Aire comprimido.....	26
2.2.6.	Área de llenado y empaque	26
2.2.7.	Área de bodega de producto terminado	27
2.3.	Tiempo para producción	27

2.3.1.	Horas totales	28
2.3.2.	Horas utilizadas.....	28
2.3.3.	Horas disponibles.....	28
2.4.	Eficiencia.....	28
2.4.1.	Eficiencia remunerada.....	29
2.4.2.	Calculo de eficiencia remunerada	29
2.4.2.1.	Modelo matemático	29
2.4.2.2.	Variables consideradas	31
2.4.2.2.1.	Horas totales	31
2.4.3.	Eficiencia de producción.....	33
2.4.4.	Eficiencia mecánica.....	33
2.4.5.	Disponibilidad mecánica.....	33
2.5.	Paro de producción programado	34
2.5.1.	Saneamiento mayor	34
2.5.2.	Saneamiento menor	35
2.5.3.	2.5.3. Cambio de presentación.....	35
2.5.4.	Cambio de sabor	36
2.5.5.	Limpieza general	36
2.5.6.	Capacitación.....	37
2.6.	Paro de producción no programado	37
2.6.1.	Mecánico	37
2.6.2.	Operativo.....	38
2.7.	Paro de producción por mantenimiento.....	38
2.7.1.	Programa de mantenimiento	38
2.7.1.1.	Autónomo	38
2.7.1.2.	Preventivo	38
2.7.1.3.	Correctivo programado.....	39
2.7.1.4.	Correctivo de emergencia	39
2.8.	Indisponibilidad externa.....	39

2.8.1.	Servicios básicos	40
2.8.1.1.	Vapor alimenticio	40
2.8.1.2.	Agua purificada.....	40
2.8.1.3.	Energía eléctrica.....	40
2.8.2.	Materia prima.....	40
2.8.2.1.	Falta de materia prima.....	41
2.8.2.2.	Calidad de materia prima.....	41
2.8.3.	Almacén de producto terminado.....	41
2.8.3.1.	Falta de espacio para producto terminado.....	41
2.8.3.2.	Falta de tarima.....	41
2.8.4.	Envase.....	42
2.8.4.1.	Falta de envase	42
2.8.4.2.	Envase mal formado	42
3.	PROPUESTA PARA AUMENTAR LA PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET	43
3.1.	Intervención a planta de producción.....	43
3.1.1.	Área de producción.....	43
3.1.1.1.	Línea de llenado PET	43
3.2.	Nuevos procedimientos para la carga de producto en la llenadora.....	43
3.2.1.	Procedimientos para bebidas isotónicas	43
3.2.2.	Procedimientos para bebidas carbonatadas.....	44
3.3.	Área de la línea de llenado.....	45
3.3.1.	Reordenamiento de paros de producción.....	45
3.3.1.1.	Paros evitables	45
3.3.1.2.	Paros necesarios	47

	3.3.1.3.	Paros técnicos.....	47	
3.3.2.		Clasificación de paros de producción.....	48	
	3.3.2.1.	Jerarquía por prioridades.....	49	
		3.3.2.1.1. Jerarquía por seguridad.....	49	
		3.3.2.1.2. Jerarquía por inocuidad.....	49	
		3.3.2.1.3. Jerarquía por calidad.....	50	
3.4.		Aumento de volumen en las corridas de producción.....	50	
	3.4.1.	Anticipación de la programación.....	52	
	3.4.2.	Predisposición de la línea de llenado al cambio de sabor.....	52	
	3.4.3.	Predisposición de la línea de llenado al cambio de presentación.....	52	
3.5.		Mantenimiento proactivo.....	53	
	3.5.1.	Línea de llenado.....	53	
		3.5.1.1. Equipos.....	54	
			3.5.1.1.1. Preventivo.....	56
			3.5.1.1.2. Correctivo.....	64
			3.5.1.1.3. Predictivo.....	65
			3.5.1.1.4. <i>Stock</i> mínimo de repuestos.....	66
	3.5.2.	Montaje y almacenamiento adecuado de los equipos y repuestos.....	67	
3.6.		Sincronización y optimización de operaciones dentro de las horas de producción.....	67	
	3.6.1.	Manejo de equipos de llenado.....	68	
	3.6.2.	Operaciones vinculadas.....	68	
	3.6.3.	Toma de decisiones.....	68	

3.6.4.	Cambio de turno	71
3.7.	Eliminación de paros no programados	72
3.7.1.	Reporte de fallas durante los turnos de producción	74
3.7.2.	Implementación de inspector de equipos y maquinaria	76
3.8.	Reducir el tiempo de los paros programados	76
3.8.1.	Optimización de los procedimientos	76
3.8.2.	Mejora de las rutas de transportes de producto y materia prima	77
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	79
4.1.	Intervención a planta de producción.....	79
4.1.1.	Área de producción.....	79
4.1.1.1.	Línea de llenado PET	79
4.2.	Inducción al personal sobre el uso de los procedimientos.....	79
4.2.1.	Definiciones básicas	80
4.2.2.	Conocimiento de la nomenclatura y simbología	80
4.2.3.	Áreas responsables	80
4.2.3.1.	Gerencia de producción.....	80
4.3.	Capacitación para la diferenciación de tipos de paros.....	81
4.3.1.	Identificación de un paro necesario	81
4.3.2.	Identificación de un paro evitable	83
4.3.3.	Identificación de un paro técnico	84
4.3.4.	Conocimiento de las causas de los paros.....	85
4.4.	Preparación para el aumento de volumen de corrida	86
4.4.1.	Continuidad del proceso	86
4.4.2.	Adaptación de los operarios	89
4.4.3.	Confiabilidad del flujo de producción	90

4.5.	Capacitación sobre mantenimiento proactivo.....	91
4.5.1.	Diferencia entre los tipos de mantenimiento.....	91
4.5.2.	Historial de mantenimiento de los equipos	92
4.5.3.	Priorizar los mantenimientos según necesidad	94
4.5.4.	Realización de mantenimientos en el tiempo adecuado.....	96
4.6.	Determinación de operaciones críticas durante las corridas de producción.....	96
4.6.1.	Manejo de equipos	97
4.6.2.	Operaciones vinculadas	97
4.6.3.	Toma de decisiones	97
4.6.4.	Cambio de turno.....	97
4.7.	Determinación de los paros de mayor incidencia	98
4.7.1.	Análisis por gráfico de Pareto.....	98
4.7.2.	Obtención de las causas por diagrama Ishikawa ..	100
4.8.	Observación de los procedimientos	103
4.8.1.	Capacitación a personal nuevo	105
4.8.2.	Herramienta y equipo adecuado para las operaciones.....	105
4.8.3.	Cumplir obligatoriamente con los procedimientos básicos	105
5.	SEGUIMIENTO.....	107
5.1.	Resultados obtenidos.....	107
5.1.1.	Interpretación	107
5.1.2.	Aplicación.....	109
5.2.	Ventajas y beneficios	109
5.2.1.	Reducción de costos de producción.....	110
5.2.2.	Reducción de tiempo de producción	110

5.2.3.	Paros no programados disminuidos	110
5.2.4.	Aumento en los volúmenes de producción	111
5.3.	Acciones correctivas.....	111
5.3.1.	Procedimientos correctos de montaje y mantenimiento	111
5.4.	Auditorías	112
5.4.1.	Internas.....	112
5.4.2.	Externas.....	112
5.5.	Autoevaluaciones	112
5.5.1.	Cumplimiento de metas	113
CONCLUSIONES		115
RECOMENDACIONES		117
BIBLIOGRAFÍA.....		119
APÉNDICES		121
ANEXO		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica.....	2
2.	Organigrama del área de producción	4
3.	Equipos de línea de llenado PET	23
4.	Diagrama de horas de producción	27
5.	Jerarquía de paros de producción.....	48
6.	Corridas de producción corta	51
7.	Corrida de producción larga	51
8.	Etiquetadora de envases.....	54
9.	Llenadora de bebidas.....	55
10.	Empacadora de bebidas	55
11.	Paletizadora de paquetes de bebidas	56
12.	Diagrama Ishikawa del sobrecalentamiento.....	63
13.	Diagrama de flujo del modelo racional para la toma de decisiones.....	70
14.	Diagrama de flujo para un paro necesario	82
15.	Diagrama de flujo para un paro evitable.....	83
16.	Diagrama de flujo para un paro técnico.....	84
17.	Diagrama de flujo de conocimiento de causas	85
18.	Descripción grafica de soplado y llenado	89
19.	Diagrama de flujo para priorizar mantenimientos	95
20.	Gráfico de Pareto de paros de producción	100
21.	Diagrama de Ishikawa sobre causas de paro en línea.....	101
22.	Diagrama de Ishikawa de causas de paro en etiquetadora.....	102
23.	Diagrama de flujo para observación de procedimientos.....	104

24.	Resumen de gastos mensuales.....	121
25.	Mapa de Guatemala	129

TABLAS

I.	Pasos del saneamiento mayor.....	34
II.	Pasos del saneamiento menor.....	35
III.	Tamaños de presentaciones.....	36
IV.	Paros evitables en la línea de llenado	46
V.	Paros necesarios en la línea de llenado	47
VI.	Paros técnicos en la línea de llenado	48
VII.	Mantenimiento preventivo diario en la línea de llenado	57
VIII.	Mantenimiento semanal dentro de la línea de llenado.....	58
IX.	Mantenimiento mensual dentro de la línea de llenado.....	59
X.	Formato propuesto para control de tiempo de vida útil.	61
XI.	Motivos de remplazo por sobreesfuerzo	64
XII.	Elementos mecánicos.....	64
XIII.	Deformación plástica	64
XIV.	Elementos eléctricos.....	64
XV.	Sobrecarga	64
XVI.	Exceder temperatura normal de operación	64
XVII.	Consumo excesivo de energía eléctrica	64
XVIII.	Motivos de cambio por falla	65
XIX.	Formato propuesto para reporte de fallas.....	75
XX.	Diferencias entre los tipos de mantenimientos.....	91
XXI.	Paros mecánicos dentro de la línea de llenado.....	93
XXII.	Paros por equipo de la línea de llenado.....	99
XXIII.	Numero de paros y sus causas.....	102
XXIV.	Historial de Eficiencia Remunerada	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Unidad de potencia, caballos de potencia.
Cv	unidad de potencia; caballos de vapor.
Psi	Unidad de presión; libras por pulgada cuadrada.

GLOSARIO

Aire estéril	Aire libre de bacterias.
Caldera	(Piro-tubulares), máquina generadora de vapor, con base a la transferencia de calor desde una serie de tubos que contienen gases de combustión a altas temperaturas debido a la quema de un combustible fósil como diésel bunker hacia un depósito de agua que contiene en su interior también estos tubos.
Calidad	Características únicas, tecnología, materiales y funciones de un objeto que lo diferencian de sus similares.
Cámara termográfica	Equipo de medición de temperatura, funciona con sensores de ondas infrarrojas que detectan las distintas longitudes de onda de la radiación infrarroja de un objeto y la interpreta como variaciones de temperatura.
CO₂	Fórmula química del dióxido de carbono, es un compuesto químico formado por un átomo de carbono unido con enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno.

Corrosión	Pérdida de las propiedades físicas y químicas de un material o compuesto a causa de agentes oxidantes existentes en su ambiente.
Deformación plástica	Deformación permanente de un objeto a causa de la aplicación de una carga que sobrepasa el punto de fluencia, el objeto no regresa a sus dimensiones iniciales luego de retirar la carga.
Demanda de mercado	La suma de todas las demandas individuales de un mercado determinado para un bien específico.
Deshumidificador	Sistema que elimina la humedad del aire pasándolo por una zona fría que condensa la humedad en el aire, liberando así aire seco.
Diagrama Ishikawa	(Espinas de pescado), herramienta gráfica y práctica que ayuda a encontrar las causas de un hecho o problema, enfocándose en las 6 M's (método, mano de obra, medición, maquinaria, materiales y medio ambiente).
Eficiencia	Porcentaje de cumplimiento de una tarea o meta impuesta en un tiempo determinado con base en un historial o estándar conocido.
Embotamiento	Pérdida de la abrasión o capacidad de corte de un material o equipo de corte.

Empaque primario	Empaque que está en contacto directo con el producto y lo contiene directamente, indica su contenido, ingredientes, licencias y nombre.
Empaque secundario	Empaque que contiene determinado número de unidades ya empacadas con el primario.
Empaque terciario	Empaque que contiene lotes de empaques secundarios, utilizado para embalar, transportar y almacenar el producto al por mayor.
Empaquetadora	Equipo electromecánico que ordena las bebidas en el número de unidades deseadas (6, 8, 12, 15, 18 y 24 unidades) y las unifica en un paquete con un plástico termoencogible.
Equipos	Grupo de máquinas, herramientas mecánicas y electrónicas que funcionando en conjunto realizan una transformación de la materia prima en el proceso de producción de un producto.
Etapa	Conjunto de procedimientos secuenciales que conllevan a la realización, un fin productivo o servicio; partes de una fase de producción.
Evasión	Eludir o escapar de una responsabilidad o dificultad que es propia de una persona.

Falla	Cambio en la estructura o funcionamiento de un equipo o herramienta, este cambio provoca que ya no realice de forma correcta su función o que detenga parcial o totalmente su funcionamiento.
Fase	Conjunto de etapas y procedimientos que busca como fin la realización de un bien o producto, se diferencian por el estado o circunstancias en que se encuentra el proceso, producto o proyecto.
Fisura	Falla mecánica de un objeto a causa de una sobrecarga que se presenta como de una línea de forma irregular y que debilita la capacidad de carga.
Flota de transporte	Conjunto de vehículos destinados a transportar y distribuir uno o varios productos.
Gráfico de Pareto	Gráfico de barras en donde se ordenan de mayor a menor las frecuencias de acontecimientos que son de interés para identificar cuáles son el 20 % de las causas que genera el 80 % de estos acontecimientos.
Herramientas	Objetos mecánicos, tecnológicos, técnicos o virtuales que facilitan la realización de una tarea.
Holgura	Espacio libre entre dos piezas mecánicas en constante contacto que genera una imprecisión de movimiento rotacional de un equipo.

Indisponibilidad	Paros de producción en la línea de llenado a causa de otras áreas de la planta de producción.
Inocuidad	Garantía de que un alimento o bebida no causará ningún daño a la salud de su consumidor por motivos de contaminación.
Inventario	Conjunto de bienes, ordenados y enlistados destinados a realizar una acción específica, crear un producto, remplazar otro y para la venta.
Inventario PEPS	(Primero en entrar primero en salir). Metodología de la rotación de los bienes de un inventario, como su acrónimo lo indica; los bienes que ingresan primero a bodega deben ser los primeros en salir, utilizado con productos perecederos y de rápida devaluación económica.
Isotónico	Bebidas que aportan energía y electrolitos a sus consumidores.
Llenadora	Conjunto de equipos electrónicos, mecánicos, neumáticos e hidráulicos; que en conjunto transportan y limpian los envases para las bebidas y los llenan dentro de una corona giratoria.
Marmita	Contenedor de grandes dimensiones fabricado generalmente de acero inoxidable; que sirve para cocer, calentar o pasteurizar alimentos con la

aplicación de calor en su contorno, en un espacio hermético y controlado.

Método Serie de pasos ordenados y sistemáticos que conllevan a la realización de una actividad, pueden existir distintos métodos para la realización de una misma actividad.

Montacargas Vehículo de 4 ruedas que funciona a base de gas, utilizado para trasportar, estibar y ordenar cargas; regularmente por medio de tarimas utilizando dos guías rígidas que se elevan, descienden y se inclinan.

Paletizadora Equipo electromecánico encargado de estibar los paquetes de bebidas sobre una tarima y empacarlos con una banda de plástico estirable.

Parámetro Referencias o límites de una magnitud medible que deben respetarse para cumplir con ciertas condiciones de calidad e inocuidad de un producto.

PET (Tereftalato de polietileno). Polímero elastómero utilizado para la fabricación de envases de bebidas carbonatadas e isotónicas.

Preforma Elementos de PET con forma de cilindro circular, recto y hueco que tiene una longitud de 5 y 15 centímetros, utilizadas para moldear los envases de las bebidas, al

ser calentados y sometidos a presión de aire dentro de un molde con la forma del envase deseado.

Remuneración	Intercambio monetario que un patrono realiza con un colaborador de su empresa a cambio de una actividad productiva realizada o trabajo intelectual.
Roscadora	Equipo electromecánico utilizado para roscar las tapas de las bebidas al finalizar el proceso de llenado de las bebidas.
Silo	Estructura de acero inoxidable en forma de cilindro circular recto que se utiliza para almacenar los envases de las bebidas de forma limpia y aislada antes del proceso de llenado.
Sobrecalentamiento	Exceder la temperatura normal de funcionamiento de un elemento, equipo mecánico o eléctrico; a raíz de diversas causas.
Stock de repuestos	Inventario mínimo de repuestos con los que puede contar un departamento de mantenimiento o ventas.
Tarea	Trabajo que una persona realiza con la ayuda de herramientas y métodos de trabajo.
Tareas dependientes	Dependen de una tarea anterior para poder realizarse y a su vez, estas son predecesores de los siguientes.

Tarimas	Estructura de madera, plástico o metal de 1,00 por 1,20 metros utilizada para trasportar cargas con montacargas o carretilla manual.
Termoencogible	Plástico en lienzos delgados que unifica las bebidas en un paquete, con la propiedad física de encogerse al momento de ser sometido a temperaturas mayores de 55° centígrados.
Velocidad de llenado	Capacidad de un equipo o línea de producción de crear un determinado número de unidad por unidad de tiempo (unidades por hora) a su máxima carga estable.
Rinser	Equipo electromecánico enjuagador de botellas, previo al proceso de llenado.
Chiller	Intercambiador de calor que utiliza un gas o líquido para la extracción de calor de otro líquido a mayor temperatura que el primero, por medio de convección en una superficie en común de los 2 líquidos.
KPI	Indicador clave de desempeño por sus siglas en inglés (<i>Key Performance Indicator</i>).
Polystrech	Polímero elastómero con la capacidad de estirarse y soportar grandes cargas, utilizado para cubrir las bebidas estibadas en una tarima.

RESUMEN

El trabajo de graduación presenta un análisis y una propuesta de mejora con base en cambios dentro de la estructura y forma de trabajo actual de una planta de producción de bebidas carbonatas, especialmente dentro de una de sus líneas de llenado, la línea de llenado de botellas PET; este análisis se enfoca específicamente en la eficiencia remunerada.

La eficiencia remunerada es un incentivo económico que reconoce y tribuye al colaborador por la correcta realización de su trabajo dentro del tiempo programado, esto conlleva a evitar paros y errores dentro del proceso para poder cumplirlo, si se cumple se premia al colaborador con un pago extraordinario por ello.

Dentro del análisis se identificó que no se cumple con la eficiencia requerida y se debe a distintos factores, los cuales se identifican y se les plantea una solución para eliminarlos o reducirlos; utilizando diferentes herramientas de ingeniería del área industrial y del área mecánica, estas en conjunto tendrán efectos positivos a corto y largo plazo.

Implementando esta solución que conlleva cambios significativos, en los métodos y herramientas de trabajo, se logrará cumplir con la eficiencia de producción dentro de la línea de llenado.

OBJETIVOS

General

Aumentar la eficiencia remunerada de la línea de llenado de botellas PET, de bebidas isotónicas y carbonatadas con base en mantenimiento proactivo.

Específicos

1. Aumentar los resultados mensuales de eficiencia remunerada de la línea de llenado a través del mejor aprovechamiento del tiempo de producción.
2. Determinar los puntos de trabajo donde más se tienen paros de producción con un análisis por gráfico de Pareto.
3. Aumentar la velocidad real promedio de llenado de la línea de botellas PET para realizar mayores volúmenes de producción en menor tiempo.
4. Disminuir el tiempo de los paros programados por mantenimiento dentro de la línea de llenado para aumentar el tiempo de producción en menor tiempo.
5. Disminuir los paros no programados dentro de la línea de llenado para evitar que el tiempo de las corridas de producción no exceda el tiempo asignado en la programación.

INTRODUCCIÓN

Bebidas Carbonatadas S.A., es una empresa que se dedica a la producción, distribución, exportación e importación de bebidas carbonatadas e isotónicas de alta calidad. La planta localizada en la Calzada Raúl Aguilar Batres, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Es la que tiene mayor volumen de producción y demanda del mercado. La planta cuenta con áreas de producción, materia prima y bodega de producto terminado, las cuales siguen la secuencia lógica de una cadena de suministros que inicia en el área de recepción de materia prima y continúa por la preparación de los jarabes base, sabores, etiquetas y tapas; todos con base continuo y estricto control de calidad e inocuidad. Posteriormente, se conduce a las líneas de llenado en donde nuevamente se controla la calidad, inocuidad del producto y aspecto físico; y por último, se entrega el producto terminado al área de bodega de producto terminado.

Bebidas Carbonatadas S.A., cuenta con indicadores clave de desempeño; estas son: métricas, utilizadas para control; manejo y mejora de los objetivos trazados para las líneas de llenado mensualmente; la eficiencia remunerada es el indicador de mayor influencia económica para los colaboradores, dado que, si no cumplen con el objetivo mensual trazado, no le acreditan el bono correspondiente a este indicador clave de desempeño.

En el área de producción se cuenta con líneas de llenado PET, estas manejan 2 turnos de producción de 12 horas cada turno, y estas líneas son las encargadas del llenado y empaquetado de las bebidas; dentro de cada línea de producción se maneja una eficiencia remunerada separada, esta es calculada en función de: volumen de producto terminado, paros programados (factores) y

no programados dentro de las horas efectivas de producción (variables), y las velocidades teóricas de los equipos de producción (constantes).

El actual trabajo de graduación se enfoca en el área de llenado de bebidas del departamento de producción y línea de llenado PET; siendo esta la de mayor volumen de producción, demanda e importancia para la planta. Por esta razón es importante realizar la prospección de la eficiencia remunerada; para mejora, proyección y control continuo de la planta y de los colaboradores de la misma, sin perjudicar al recurso humano, materia prima o aumentar costos.

Realizar una prospección de este indicador clave de desempeño (eficiencia remunerada) dará a conocer información importante y relevante para la mejora, manejo, control y reducción de costos para la planta productiva.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa Bebidas Carbonatadas S.A.

En 1895, se inicia la embotelladora en Guatemala por el señor Carlos Bran Rodríguez. La visión de trabajar con pasión y mucho esfuerzo para alcanzar una institución sólida y sostenible.

A principios de los años 2000 la compañía empieza a planificar su crecimiento estratégico a nuevos países, haciendo espacio a una etapa de profesionalización con la incorporación de nuevos colaboradores. Con ello inicia la especialización operativa y mercadotécnica.

En el año 2002 se le entrega el premio como la “Mejor Embotelladora de Latinoamérica”. Entonces la embotelladora se convierte en la estaca de la región.

En el año 2008, Bebidas Carbonatadas S.A. evoluciona a una compañía de amplia variedad de bebidas con la introducción de isotónicos.

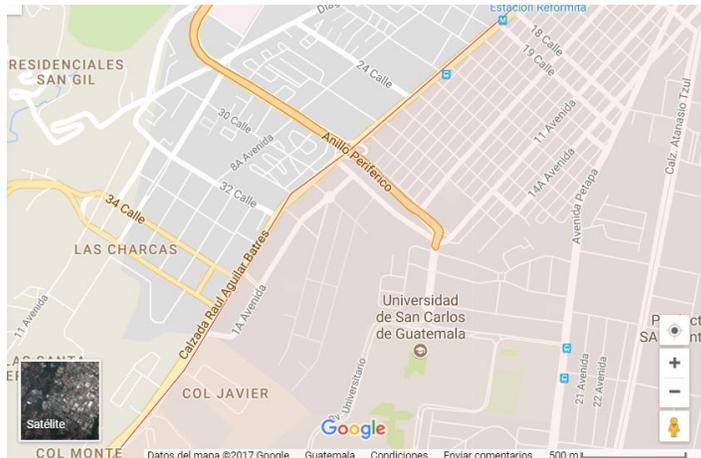
1.2. Información general

A continuación, se describe la información general de la empresa.

1.2.1. Ubicación geográfica

La planta de producción se encuentra localizada en la Calzada Raúl Aguilar Batres, zona 12 de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. Ubicación geográfica



Fuente: Google maps. <https://www.google.com.gt/maps/@14.5822109,-90.5552301,13z?hl=es>.

Consulta: octubre de 2017.

1.2.2. Misión

Somos personas honradas y comprometidas que crean cadenas de servicios y empleos, dando a nuestros clientes la mayor satisfacción al consumir nuestras bebidas.

1.2.3. Visión

Ser la mejor embotelladora de bebidas de Latinoamérica, con gestión sostenible, proporcionando a los clientes la mayor calidad y satisfacción de nuestros productos, contribuyendo al cuidado del medio ambiente.

1.2.4. Valores

En la empresa Bebidas Carbonatadas S.A. se fomentan y practican los siguientes valores:

- **Honestidad:** que cada colaborador tenga una actitud y pensamiento honesto para poder crecer como persona y como un colaborador fiable y consiente.
- **Equidad:** la ideología de nuestra corporación se basa en la equidad de oportunidades y trabajando con base en el merecimiento por su buen trabajo y colaboración.
- **Pasión:** realizar cada actividad y decisión con pasión y entrega para obtener resultados satisfactorios.
- **Excelencia:** buscar siempre los mejores resultados y procesos para crear un camino hacia la excelencia.

1.2.5. Tipo de organización

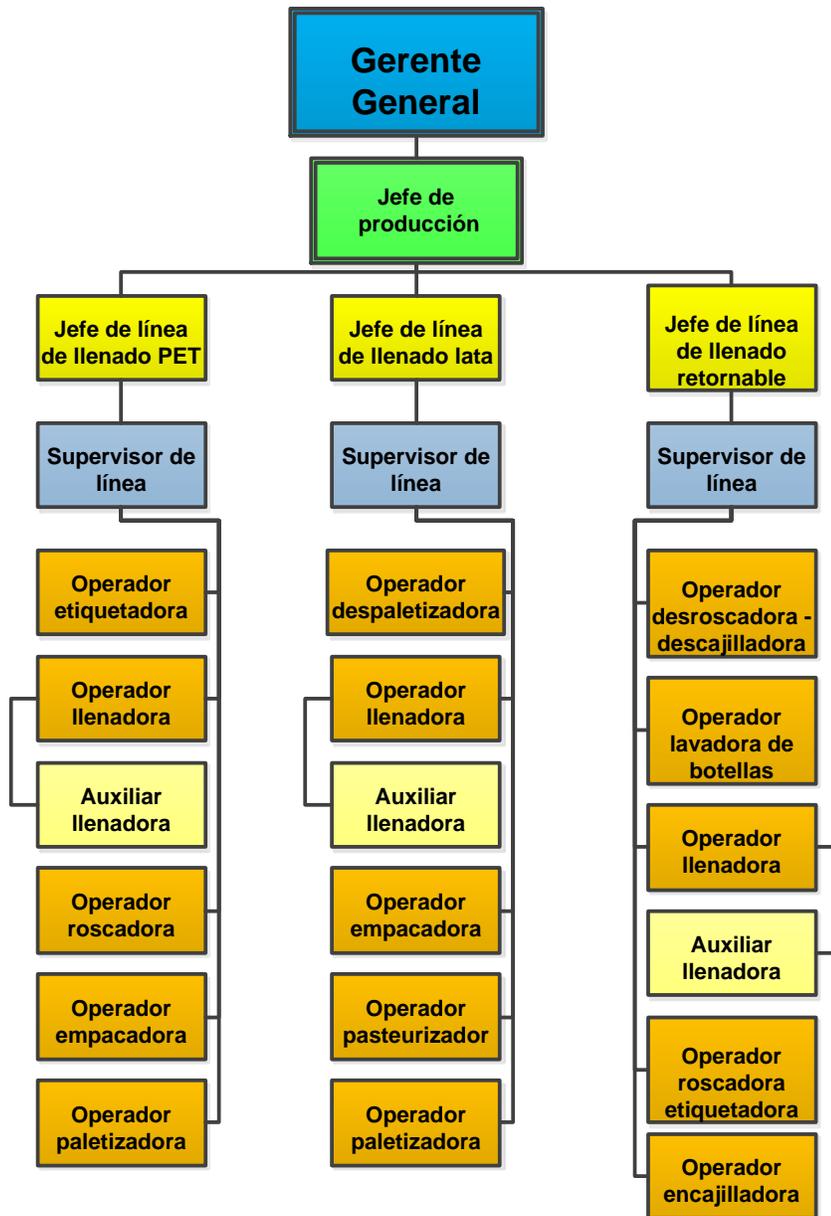
La organización se basa en una jerarquía vertical que reconoce el compromiso, esfuerzo e iniciativa de todos sus colaboradores, que, a su vez, respetan y atienden a sus autoridades correspondientes.

1.2.6. Organigrama de producción

El área de producción de la planta de Bebidas Carbonatas S.A. cuenta con un gerente general, un jefe de producción, un jefe para cada línea de llenado

(PET, lata y envase retornable) un supervisor, un operario para cada equipo y auxiliares en algunos equipos de mayores dimensiones y con más tareas a realizar.

Figura 2. Organigrama del área de producción



Fuente: elaboración propia.

1.3. Distribución en Planta

En los puntos posteriores, se detalla las diferentes áreas de producción dentro de la planta.

1.3.1. Área de producción

Es el área encargada de programar, realizar y controlar la producción de bebidas, en otras palabras, es el área responsable que la bodega de producto terminado esté siempre abastecida con toda la variedad de productos en la planta de producción; tratando de evitar el almacenamiento innecesario de producto terminado en la bodega pero que tampoco exista una carencia de los mismos.

En la planta se cuenta con el área de materia prima, producción de botellas, bodega de producto terminado y el área de llenado; esta última es el área más grande dentro de la planta, en ella se cuenta con líneas de llenado de envase PET, botella, retornable y lata.

Cada línea, llena distintas presentaciones y sabores de bebidas carbonatadas e isotónicas en sus respectivos envases (PET, retornable y lata). Por consiguiente, cada línea cuenta con diferentes equipos y herramientas y utiliza distintos métodos de llenado.

Es parte del proceso productivo la línea de soplado de botellas PET que suministra botellas a las líneas, iniciando el proceso con preformas que se calientan e inyecta aire estéril a alta presión dentro de un molde para el envase que se desea fabricar, finalizando en los silos de almacenamiento de botellas.

1.3.2. Bodega producto terminado

Es el área de la planta donde se almacenan todas las bebidas terminadas y también encargada de la distribución hacia los centros regionales y exportación. La bodega de producto terminado funciona como una medida de holgura para mantener abastecido el mercado mientras la planta de producción vuelva a suministrar el volumen necesario a la demanda actual, es decir, bodega de producto terminado es la encargada de amortiguar las variaciones de la demanda del mercado con la velocidad de producción de la planta.

Tras terminar el llenado y empaquetado del producto se traslada en tarimas a la bodega de producto terminado, la cual almacena y provee la demanda del mercado, se abastece a la flotilla de transporte; en esta área se cuenta con personal y montacargas para mantener el continuo flujo de producto en la flotilla de transporte.

1.3.3. Bodega materia prima

Espacio de la planta en el que se ingresa, ordena y almacena los insumos y materiales que posteriormente se abastecen a las líneas de llenado para el proceso de llenado y empaquetado de las bebidas dentro de la línea de producción.

1.4. Producción

Es el proceso que inicia con el ingreso de materias primas y estas pasan por una serie de transformaciones físicas y químicas, que van agregando valor y calidad a un producto o servicio a través de un proceso ya establecido; cuenta con distintas fases, etapas, procedimientos, actividades y tareas que se realizan

con diferentes equipos, herramientas técnicas, tecnologías e informáticas; bajo uno o varios métodos de trabajo que cumplen ciertos parámetros, dimensiones y especificaciones de un producto, que sigue o no un proceso continuo y termina por la entrega de un producto o servicio final.

1.4.1. Características

En el proceso de producción se requieren muchos cambios que llevan a la obtención de un producto final o parcial. Dentro de estas características principales se puede enumerar las siguientes:

- Orden lógico
- Procesos dependientes
- Transformación de la materia prima
- Procedimientos de valor agregado del producto
- Control de calidad de productos
- Empaque primario
- Empaque secundario
- Empaque terciario

1.4.2. Tipos de producción

De los tipos de producción existentes se detalla en los siguientes puntos.

1.4.2.1. Producción en serie

Producción que se basa en crear un determinado número de productos con rapidez y alta calidad en grandes cantidades, el proceso consiste en la

transformación de la materia prima por fases, en las cuales se debe cumplir con todas las especificaciones dentro de sus parámetros de aceptación.

Este tipo de producción se realiza en la línea de llenado PET dado que los productos se fabrican de forma secuencial, bajo el mismo proceso y procedimiento.

1.4.2.2. Producción intermitente

Sistema de producción por lote o pedido. En vez de producir para el mercado, la empresa produce bajo pedidos anticipados; con especificaciones únicas o especiales y de determinado volumen. Producción por encargo que se utiliza preferentemente en la industria artesanal y de talleres mecánicos como: tornos, estructuras metálicas y enderezado y pintura.

Este sistema de producción no aplica a la línea de llenado PET estudiada, dado que en ella se trabaja a base de pronósticos y *stock* mínimos de producto.

1.4.2.3. Producción por lotes

Es el sistema utilizado por empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto cada vez. Esa cantidad limitada se denomina lote de producción. Cada lote de producción se calcula para atender a un determinado volumen de ventas previstos para un cierto periodo. Al terminar un lote de producción, le empresa inicia inmediatamente la producción de otro lote, y así sucesivamente. Cada lote recibe una identificación, tales como: SKU's. Además, cada lote exige un plan de producción específico. Al contrario de lo que ocurre en el sistema de producción por encargo, en el cual el plan de producción se hace después de recibir el pedido o el encargo, en la producción por lotes el plan de

producción se hace anticipadamente y la empresa puede aprovechar mejor sus recursos con mayor grado de libertad. En algunas industrias, son procesados de manera simultánea y paralela varios lotes de producción; los operarios trabajan generalmente en líneas de montaje u operan máquinas que pueden desempeñar una o más operaciones sobre el producto. Es el caso de la producción que requiere máquinas operadas por el hombre y líneas de producción o de montaje estandarizadas.

Este tipo de producción también se aplica a la forma de operar de la embotelladora, dado que ellos manejan corridas de producción por lotes que también cuentan con *stock* mínimo de seguridad de productos, el cual al llegar a su límite automáticamente se ordena y prepara un lote nuevo.

1.4.3. Tiempo de producción

Este se define como el tiempo que tiene la planta o línea de producción para transformar la materia prima en un producto final listo para la venta, incluye los paros dentro de la producción.

1.4.4. Eficiencia

Porcentaje de cumplimiento de una tarea, actividad o procedimiento, en un tiempo meta, impuesto con base en un historial o estándar conocido.

1.4.4.1. Características

Las principales características del concepto de eficiencia orientada al ámbito industrial son las siguientes:

- Medible
- Reproducible
- Metas y resultados numéricos
- Indicadores de clave desempeño (KPI)
- Instrumentos y métodos de producción y medición
- Tiempo teórico estipulado
- Cantidad de insumos utilizados
- Estándares de referencia
- Velocidades teóricas
- Relaciones de producción y demanda
- Ritmos de producción

1.4.4.2. Eficiencia de mano de obra

Grado de cumplimiento del personal colaborador dentro de sus actividades o procedimientos en los que se ven involucradas sus habilidades e intelectuales.

1.4.4.3. Eficiencia de materia prima

Nivel de aprovechamiento de los insumos utilizados durante la producción de los productos comparados contra un valor teórico o ideal de aprovechamiento según los estándares de producción y consumo.

1.4.4.4. Eficiencia de tiempo

Porcentaje de uso efectivo del tiempo disponible para producción o trabajo sobre un total de tiempo del que se dispone para producir.

1.4.4.5. Eficiencia remunerada

Métodos para incentivar a los colaboradores de una institución o planta productiva para que mejoren o mantengan su productividad y eficiencia de trabajo a cambio de una bonificación extra del salario ordinario.

1.4.4.5.1. Teoría de evasión

Plantea que los empleadores no pueden disponer de información certera o correcta sobre el comportamiento de los trabajadores o colaboradores, la supervisión o monitoreo resulta muy costoso, legalmente los empleadores no pueden realizar castigos como suspensiones, rebajas o despidos por mala conducta o desempeño inadecuado. Bajo estas condiciones los empleadores deben optar por distintos mecanismos para aumentar el esfuerzo de los empleados, como la comisión por unidad producida u otros mecanismos para la mejora en el rendimiento de los colaboradores; de esta forma las empresas aumentan el costo por la pérdida de empleo y alientan a los colaboradores a esforzarse.

1.4.4.5.2. Teoría de cambio de personal

En esta teoría se plantea que, entre mayor sea el salario de los colaboradores, estos sean más reacios a dejar su trabajo y empleadores optan por pagar salarios más altos para evitar la rotación del personal, este modelo es básicamente el mismo que el de evasión mencionado en el inciso 1.4.4.5.1. El modelo predice que se encontrarán salarios altos donde la contratación y los costos de capacitación son óptimos, pero puede generar.

1.4.4.5.3. Teoría de selección adversa

Plantea que, en los procesos de reclutamiento y contratación de una empresa, si se ofrece salarios arriba del promedio del mercado laboral, se obtendrá como resultado mejores aptitudes de los aspirantes y una mayor cantidad de aspirantes, si la empresa no puede observar la calidad de los solicitantes, entonces al personal contratado se le comprueba las habilidades necesarias para los puestos disponibles, este modelo tiene la dificultad de mantener los altos bonos ofrecidos a los colaboradores. Un salario arriba del nivel de compensación del mercado puede minimizar los costos por unidad de eficiencia del trabajo, bajo estas circunstancias Institucional, legales o sociológicas se impiden a las empresas diferenciar entre trabajadores con diferentes características productivas y puede conducir a resultados similares.

1.4.4.5.4. Teoría sociológica

El esfuerzo de los colaboradores puede depender en gran parte que estos sientan que están siendo tratados de manera justa por sus empleadores. La equidad de salarios puede afectar la productividad de los colaboradores si estos vinculan su moral y su sentimiento de lealtad hacia la empresa.

“La rigidez de los salarios frente al desempleo puede ser debido a la importancia de las normas salariales sociales y otro comportamiento no bien captado por la utilidad individualista tradicional funciones. El nivel de esfuerzo de un trabajador depende de las normas de su grupo de trabajo (presión de los compañeros), y plantea una serie de modelos con implicaciones salariales de eficiencia”.¹ Desarrolla un modelo en el que las empresas pueden elevar las normas de trabajo en grupo ofreciendo salarios por encima del nivel necesario

¹ ARKELOF, G.A., YELLEN, J. *Efficiency Wage Models of the Labor Market: Introduction*. p. 19 y 20.

para atraer mano de obra. El "regalo" de la empresa de los salarios se recompensa con el "don" de normas de trabajo mejoradas y esfuerzo individual. Los salarios en exceso arriba de la compensación del mercado pueden ser una buena opción cuando se desempeña un doble papel: asignar mano de obra a las empresas y satisfacer las normas salariales interpersonales que rigen el rendimiento del trabajador.

1.4.4.5.5. Teoría de unión de trato

Es probable que las empresas enfrenten importantes bajas en la economía. Si hay costos de búsqueda de trabajo o reubicación, una firma puede tener que aumentar su oferta de salarios o reducir la calidad de los solicitantes aceptados para reemplazar a un gran número de trabajadores rápidamente. Si solo se conservan unos cuantos colaboradores en la empresa, es probable que tengan conocimientos específicos del trabajo y sean capaces de capacitar a los nuevos colaboradores. Cuando muchos colaboradores abandonan una empresa de forma colectiva y al mismo tiempo, estos aumentan considerablemente los costos de reclutamiento y contratación.

1.4.5. Paros de producción

Tiempo en que la línea de llenado no está produciendo bebidas y su proceso se detiene parcial o totalmente.

1.4.5.1. Paro no programado

Se considera como el paro de la producción o de cualquiera de sus procedimientos, por cualquier motivo que no esté considerado dentro de los

programas de producción, mantenimiento o limpieza. Pueden ser paro operativo, paro mecánico o indisponibilidad externa.

1.4.5.2. Paro programado

Se considera como el paro de la producción o de cualquiera de sus procesos, por cualquier motivo que sí está considerado dentro de los programas de producción, mantenimiento programado, cambio de sabor, cambio de presentación, saneamiento o limpieza general.

1.4.6. Pronósticos de demanda

“Es la proyección de demanda que se calcula en base a modelos matemáticos e historiales para periodos de tiempo en que todavía no se conocen las ventas reales del producto, simulando el comportamiento de una curva”.²

1.4.6.1. Ascendente / descendente

Son todas aquellas familias de curvas cuyos datos a través del tiempo experimentan cambios que siguen un comportamiento creciente o decreciente. Control de la producción.

1.4.6.2. Estable

Las familias de curvas estables, son aquellas curvas que, a través del tiempo, las ventas del producto no varían considerablemente y los cambios entre mes y mes son muy pequeños.

² TORRES, Sergio. *Control de la producción*. p. 19.

1.4.6.3. Cíclico

Son curvas que siguen un patrón muy particular de ventas en un periodo de tiempo, reguladas por un índice estacional que identifica aquellos periodos que se asemejan unos con otros en relación horizontal, por ejemplo; cuando se analiza que todos los meses de enero de los diferentes años, tienen ventas similares. Dicho de otra manera, lo importante en este análisis es la relación existente entre algún mes de un año con respecto al mismo mes de otro año, y no la venta de enero con respecto al mes de febrero y el mes de marzo. Control de la producción.

1.4.7. Indisponibilidad externa

Esta está considerada como un motivo de paro de algún equipo de producción o de la producción completa a causa de la falta de un servicio tales como: agua, energía eléctrica, aire, materia prima o vapor.

1.5. Mantenimiento

La definición de mantenimiento óptimo y sus características se presentan en los siguientes puntos.

1.5.1. Definición de mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (equipos), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión, necesarios para garantizar el funcionamiento regular, el buen estado y conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las

instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

1.5.2. Características

- Evitar, reducir, y reparar las fallas.
- Disminuir la gravedad de las fallas.
- Evitar paros innecesarios de las máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Prolongar la vida útil de los bienes.

1.5.3. Tipos de mantenimiento

Anteriormente se detalló el concepto de mantenimiento y sus características, por consiguiente, se definen los tipos de mantenimiento.

1.5.3.1. Mantenimiento predictivo

Mantenimiento planificado para evitar fallas y cualquier tipo de problemas. Por lo tanto, busca evitar paros no programados en el sistema productivo y las consiguientes reparaciones. Monitorea que los equipos se mantengan dentro de los parámetros normales de funcionamiento.

1.5.3.2. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados y con fallas por repuestos o piezas nuevas.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier cantidad de tiempo, sin afectar la seguridad de los operarios. Como también, para equipos de antigüedad.

Tienen como inconvenientes, que el fallo puede producirse en cualquier momento, debido a que en esos momentos los equipos se someten a una mayor exigencia.

Así mismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio o reparación hubiese resultado en costo menor, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas que se encontraban en buen estado de uso y conservación antes de la falla.

Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante disponible para la compra de piezas de repuesto o tener un amplio *stock* de repuestos. En caso de no tener un *stock* de repuestos disponible se corre el riesgo de que la industria de repuestos no tenga disponible en ese momento.

1.5.3.3. Mantenimiento preventivo

Es el conjunto de actividades programadas, tales como: inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, entre otros. Encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema.

Todo equipo, herramienta o repuesto tiene un tiempo de vida útil, el cual está definido por el tiempo en que este puede cumplir su función en óptimas condiciones, cumpliendo los parámetros de calidad, seguridad y consumo de energía. Este tiempo será el tiempo de vida útil de un objeto que puede ser mecánico, eléctrico, electrónico, neumático, hidráulico, digital o la combinación de dos o más de ellos.

- ¿Qué sucede luego de alcanzar el tiempo de vida útil dado por el fabricante?

Después de las horas de trabajo que garantiza el proveedor del producto, este puede seguir funcionando de manera óptima y precisa, pero se empieza a tener una incertidumbre de cuándo dejará de funcionar correctamente o fallará por completo. Es por esta razón que el proveedor realiza pruebas de su producto y crea un margen de holgura de cuándo sus productos empezarán a tener fallas y ya no será fiable, se lo resta al tiempo de funcionamiento que lleva el producto para obtener un tiempo de vida útil garantizado, entonces el tiempo de vida útil de un equipo va en función del tiempo de uso en la mayoría de los casos, pero también se puede dar por la cantidad de operaciones realizadas o tiempo de existencia (se utilice o no).

Ahora bien, para poder evitar las fallas de los equipos se debe evitar la falla de sus elementos o herramientas, los que a su vez dependen de un mantenimiento preventivo.

1.5.3.4. Mantenimiento de emergencia

Es el mantenimiento que tiene prioridad sobre cualquier otro, en la mayoría de los casos, es la corrección de fallas de equipos fundamentales para la producción. Es decir, si la falla no se repara la producción no puede continuar.

Estos equipos pueden ser calderas que proveen de vapor a toda una industria, este equipo es fundamental para los procesos de producción, por lo tanto, una falla que interrumpa su funcionamiento deberá recibir un mantenimiento de emergencia con prioridad sobre cualquier otro equipo.

1.5.3.5. Mantenimiento autónomo

Llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo, pretende que las acciones básicas de mantenimiento y prevención se hagan desde el propio puesto de trabajo (gestión del mantenimiento de los equipos productivos).

1.5.3.6. Mantenimiento proactivo

Está basado en la identificación prevención y corrección de los equipos productivos, aumentando su disponibilidad mecánica, disminuyendo los costos de reparación con la prevención de fallas y el aumento de la vida útil de los repuestos, componentes y equipos la planta productiva.

Este mantenimiento incluye todos los mantenimientos descritos anteriormente, creando un conjunto de procedimientos y actividades que extraen todo lo bueno de cada mantenimiento y lo combinan para obtener los mejores resultados de un plan de mantenimiento.

1.5.3.7. Mantenimiento modificativo

Es la reparación que conlleva un cambio en su estructura o forma de funcionamiento, con el fin de adaptarla a un nuevo proceso u optimización del actual. Este mantenimiento se realiza cuando se tiene una falla recurrente de un equipo y se opta por modificar su estructura, posición o funcionamiento para evitar una falla recurrente.

1.5.3.8. Mantenimiento parcial

Reparación de falla en un equipo o sistema de producción, pero de forma incompleta, se realiza de esta forma por falta de tiempo, mano de obra calificada o repuestos, pero con el fin de mantener en funcionamiento los equipos y evitar los paros de producción.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de Producción

El Departamento de Producción cuenta con áreas y líneas que se encargan de hacer el trabajo en conjunto para conseguir el producto final.

2.1.1. Área de llenado y empaque

Es el área encargada de programar, realizar y controlar la producción de bebidas, en otras palabras, es el responsable de que la bodega de producto terminado esté siempre abastecida con toda variedad de productos con que cuenta la planta de producción, tratando de evitar el almacenamiento innecesario de producto en las bodegas de producto terminado y que tampoco haya una carencia de los mismos.

En la planta se cuenta con el área de materia prima, producción de botellas y el área de llenado; el área de llenado es el área más grande dentro de la planta, allí se encuentran las líneas de llenado de botellas PET, botella retornable y lata.

También existe la línea de soplado de botellas PET, que suministra botellas a las líneas de llenado, iniciando el proceso con preformas que se calientan y se someten a aire comprimido dentro de un molde del envase que se desea fabricar finalizando en los silos de almacenamiento de botellas.

2.1.1.1. Línea de Llenado PET

La línea de llenado de envase PET es la encargada de realizar el proceso para la transformación de la materia prima en producto.

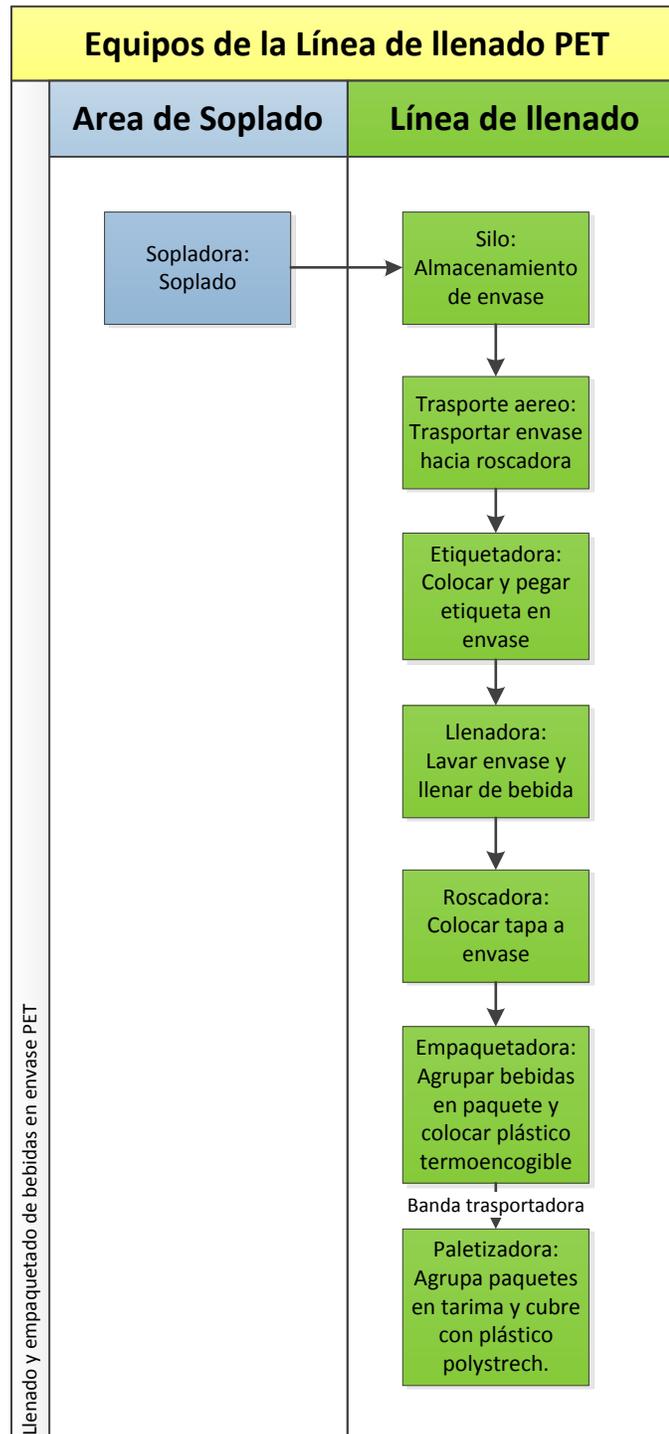
2.1.1.2. Descripción de línea de llenado

- Proceso de llenado: la línea inicia con el ingreso de la botella sin etiqueta ni tapa por medio de un transporte aéreo que llega hasta un silo de almacenamiento, luego del silo se transporta hacia la etiquetadora que coloca y pega la etiqueta según su presentación y sabor, posteriormente a esto, se transporta a la llenadora en la cual se lava el interior de las botellas, luego se llena de producto hasta el nivel indicado y por último se agrega CO₂ o nitrógeno dependiendo del producto; por último es transportada la botella llena hacia la roscadora que coloca la tapa a la botella.
- Proceso de empaquetado: luego de tener el producto unitario terminado, se transporta por medio de bandas hacia la empaquetadora de termoencogible, en donde se ordenan las bebidas en conjuntos de doce o veinticuatro unidades, se rodea el conjunto de unidades con un plástico termoencogible que calienta compacta los paquetes, luego se transportan los paquetes por otra banda hacia la paletizadora, donde se estiban los paquetes en una tarima. Por último, la rodea con un plástico estirable (*polystrech*) que compacta y protege los productos, siendo este el embalaje.

2.1.1.3. Equipos de línea de llenado

La línea de llenado cuenta con equipos que conforman su estructura y procesos, siendo los siguientes:

Figura 3. Equipos de línea de llenado PET



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Descripción del producto

Dentro de la línea de producción se encuentran las diferentes presentaciones de bebidas. Las cuales se detallan a continuación.

2.1.2.1. Bebidas gaseosas

Son productos con sabor a frutas o cola, contienen agua, azúcar y dióxido de carbono sin contenido de alcohol.

2.1.2.2. Bebidas isotónicas

Son productos con sabores artificiales a frutas, contienen agua, azúcar y dióxido de carbono sin contenido de alcohol. Estos tienen una alta capacidad para rehidratar de forma rápida a sus consumidores.

2.2. Descripción de la planta

La planta de producción cuenta con distintas áreas que intervienen en la elaboración del producto.

2.2.1. Área de envase

Área encargada de transformar las preformas de PET en botellas. Suministra de envases a la línea de llenado por medio de un transporte aéreo. Realiza el proceso de soplado de botellas con aire estéril a presión sobre una preforma que es introducida en un molde y calentada para el proceso de expansión (soplado).

2.2.2. Área de sabores y jarabes

Área donde se preparan los sabores para las bebidas y los jarabes de solo azúcar. El proceso de preparación se realiza en marmitas a 80 grados centígrados calentadas con vapor, se inicia con una base de azúcar (jarabe base) se vierte y se mueve con aspas hasta alcanzar la temperatura de 80 grados, luego se agregan los ingredientes necesarios según la fórmula del producto que se llenará.

2.2.3. Área de agua tratada

Es el área encargada de suministrar agua a las líneas de llenado y toda la planta de producción. El proceso se inicia con el almacenamiento de agua en tanques, luego pasa por una serie de filtros de distinto funcionamiento para la eliminación de contaminantes y elementos no deseados, por último, se le realizan pruebas físicas y químicas para asegurar el cumplimiento de las normas de inocuidad para poder ser distribuida a las líneas de llenado.

2.2.4. Área de materia prima

Es el área donde se inicia todo el proceso de producción, área encargada de la recepción y almacenamiento de la materia prima, también se encarga de la recepción, revisión y control de los materiales y que estos cumplan con los requisitos de calidad e inocuidad.

2.2.5. Área de servicios básicos

Área que provee a toda la planta de los servicios indispensables para su funcionamiento, también controla y regula el consumo de los mismos.

2.2.5.1. Energía eléctrica

Es toda la red de conexión y transformación de energía suministrada a la planta, esta cuenta con sistema de seguridad y una planta generadora para casos de emergencia que cubrirá las funciones básicas de la planta cuando se vea suspendido el servicio, por mantenimiento eléctrico o problemas en los equipos de transmisión o transformación.

2.2.5.2. Vapor industrial

También denominada área de calderas, es la encargada de suministrar vapor a todos los equipos de la planta. Esta cuenta con 2 calderas pirotubulares de 4 pasos con una capacidad de 500 HP, funciona a base de combustible *bunker* (FFO) o aceite Núm.2, trabajan a una presión de 150 libras por pulgada cuadrada (psi).

2.2.5.3. Aire comprimido

Es el área encargada de suministrar aire estéril y seco a todos los equipos de las líneas de llenado. Cuenta con 2 compresores de tornillo con capacidad de 50 HP cada uno, 5 compresores de pistón con capacidad de 15 HP cada uno. También se cuenta con 7 filtros para esterilización y deshumidificación del aire y cuidado de los equipos. El área suministra aire de baja presión y aire de alta presión según las necesidades de los equipos.

2.2.6. Área de llenado y empaque

Esta área esta descrita de forma completa en el punto 2.1.1.2.

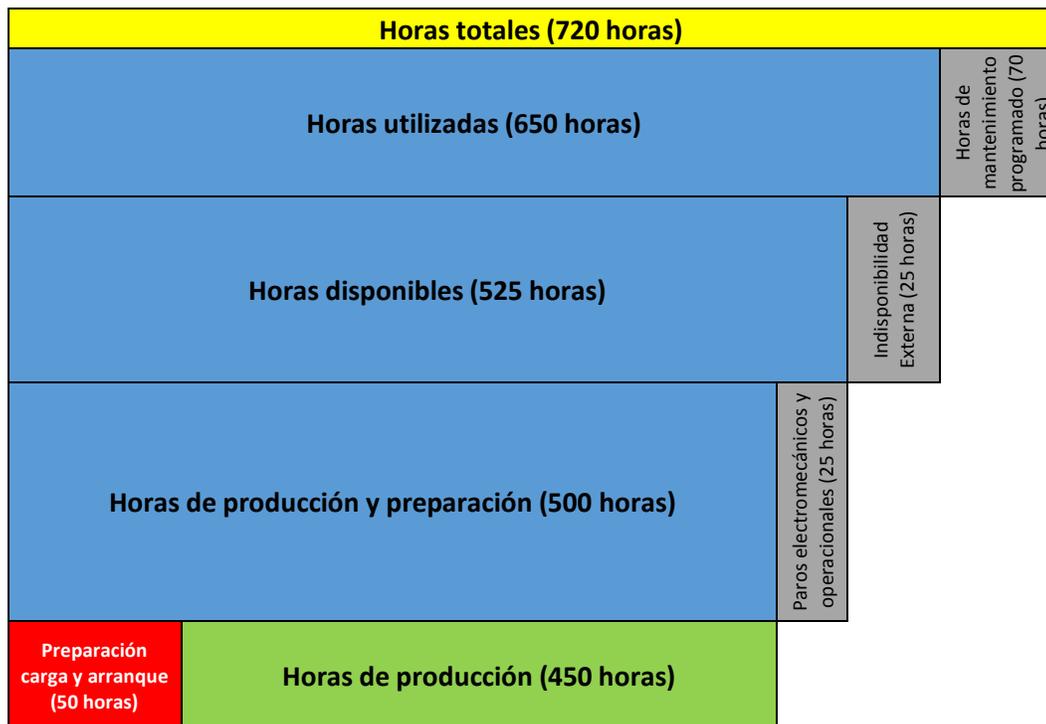
2.2.7. Área de bodega de producto terminado

Lugar de la planta donde se almacena de forma ordenada y segura los productos terminados, allí se cargan los contenedores y furgones de producto para su posterior distribución en todo el mercado y exportación.

2.3. Tiempo para producción

En la siguiente figura se muestra el diagrama de las horas de producción.

Figura 4. Diagrama de horas de producción



Fuente: elaboración propia.

2.3.1. Horas totales

Cantidad de horas disponibles durante un día o mes, por ejemplo; si es un mes de 30 días tiene un total de 720 horas.

2.3.2. Horas utilizadas

Son las horas que el personal colaborador utiliza para la producción, de las 720 horas del mes, la planta utiliza 500 horas para que sus colaboradores trabajen considerando descansos semanales y restricciones legales de horas trabajadas por semana: 36 en jornada nocturna y 44 en jornada diurna según el código de trabajo de Guatemala.

2.3.3. Horas disponibles

El total de horas utilizadas, son efectivas para producción, excluyendo la indisponibilidad externa por otros departamentos. De las 500 horas utilizadas solo se dispone de 380 horas para la producción, dado que las 120 horas no disponibles se consumen en mantenimiento, limpieza, ajustes y cambios de producto o presentación.

2.4. Eficiencia

Dentro de la planta de producción, eficiencia es el porcentaje de cumplimiento de un objetivo comparado contra una velocidad teórica o consumo de materia prima ideal. Un claro ejemplo de esto es la cantidad de cajas producidas durante un turno de trabajo contra la cantidad teórica que debiera producirse bajo condiciones ideales y sin paros.

2.4.1. Eficiencia remunerada

Es la forma de incentivar a los colaboradores de la planta con un pago extra al de su salario base por el cumplimiento de los objetivos de producción dentro del tiempo estimado y con la cantidad de recursos asignados ordinariamente.

2.4.2. Cálculo de eficiencia remunerada

Para poder determinar el porcentaje de eficiencia de una línea de producción o turno de trabajo, se utiliza una ecuación matemática que calcula la eficiencia con base en condiciones de trabajo, producto, presentación y horas de trabajo.

2.4.2.1. Modelo matemático

El modelo matemático utilizado es el siguiente:

$$E.R = \frac{H.T}{H.R}$$

Donde:

E.R: es el porcentaje de eficiencia real cumplido (%).

HT: las horas teóricas de producción (horas).

H.R: horas de producción real (horas).

Las horas teóricas de producción se obtienen con base en la cantidad de unidades que se desean producir o que se han producido, dividido una velocidad de producción teórica. Las velocidades teóricas de producción varían según las condiciones de trabajo, volumen de la presentación de la bebida y capacidad de

los equipos que se utilizan para la producción. Las horas teóricas pueden ser calculadas de forma matemática utilizando la siguiente ecuación:

$$H.T = \frac{U}{V.T}$$

Donde:

HT: las horas teóricas de producción (horas).

U: cantidad de unidades (Unidades).

V.T: velocidad teórica (Unidades/hora).

Este cálculo da como resultado un valor con dimensionales en horas.

Luego de obtener las horas teóricas que se debería utilizar la línea para llenar la cantidad de unidades deseadas se realiza la corrida de producción que abarca una cantidad conocida de horas (H.R), que son las horas reales en las que se produjo el número de unidades deseadas y con los dos datos conocidos se procede a obtener el porcentaje de eficiencia cumplido aplicando la ecuación inicial.

$$E.R = \frac{H.T}{H.R}$$

Este cociente tendrá un valor cercano a uno y siempre mayor que cero, al multiplicarlo por 100 se obtendrá el porcentaje de eficiencia de la línea de llenado para una corrida de producción.

2.4.2.2. Variables consideradas

- Velocidades teóricas de producción: cantidad de unidades que puede procesar la línea de llenado según el fabricante en una hora.
- Tiempo real de producción: cantidad de unidades que procesa actualmente la línea de llenado por hora.
- Número de unidades producidas: cantidad de unidades que cumplen con la calidad requerida.

2.4.2.2.1. Horas totales

Cantidad de horas disponibles durante un día, mes o turno de producción.

- Horas utilizadas

Son las horas que el personal colaborador utiliza para la producción.

- Horas disponibles

Horas efectivas de las utilizadas que se produce excluyendo la indisponibilidad externa por otros departamentos.

- Horas de producción bruta

Cantidad de horas que se producen bebidas sin tener paros o interrupciones.

- Horas de producción neta

Cantidad de horas en que se producen bebidas y que estas cumplen con los requisitos de calidad.

- Pérdidas por calidad

Cantidad de tiempo de producción en el que se produce las bebidas que no cumplen con los requisitos de calidad, por ejemplo, si se perdió un millar de unidades en una corrida de producción y para producir un millar de bebidas se requiere de cinco horas de producción continuas. El tiempo por pérdidas será de cinco horas de producción, más los insumos que se utilizaron para dicha producción se toma como pérdida o gasto y no como un costo.

- Paradas electromecánicas

Paros que tiene la línea de llenado por la falla de un elemento eléctrico, una pieza mecánica o la combinación de los dos, por ejemplo, el paro de la línea de llenado por una falla en el servomotor de la llenadora.

- Paradas operacionales

Paradas que se realizan a causa de un operario de equipo, como lo puede ser falta de alimentación de tapa a la roscadora y mal manejo o falta de manejo en un equipo.

- Indisponibilidad externa

Paros que la línea realiza por cualquier causa ajena a la línea de llenado, dentro de ellos: servicios básicos, materia prima, bodega de producto terminado, y área de soplado.

2.4.3. Eficiencia de producción

Porcentaje del cumplimiento de la línea de llenado según tiempo de producción y velocidad teórica, esto incluye los paros mecánicos y operativos que se hagan durante las horas utilizadas.

2.4.4. Eficiencia mecánica

Es el porcentaje de aprovechamiento de energía suministrada a un equipo o máquina en comparación con la energía entregada por el mismo equipo, esta energía viene de la capacidad calorífica de combustible que utiliza, la energía eléctrica suministrada o caballos de vapor, contra la energía que el equipo entrega para realizar un trabajo.

2.4.5. Disponibilidad mecánica

Tiempo en que un equipo se encuentra en condiciones óptimas para utilizarse, basado en la cantidad de tiempo teórica que el equipo puede funcionar en las mismas condiciones, en el caso de la llenadora utilizada en la línea de llenado PET, esta podría utilizarse teóricamente 24 horas al día, pero existen paros por fallas mecánicas, ajustes, cambios o limpieza que reducen este tiempo y por consiguiente disminuyen su disponibilidad mecánica.

2.5. Paro de producción programado

Paros que están considerados durante el plan de producción diario, semanal o mensual dentro de la línea de llenado.

2.5.1. Saneamiento mayor

Es una limpieza que se les realiza a los equipos de la línea de llenado cada cierta cantidad de horas para garantizar la inocuidad de los productos. Esta consta de 7 fases dentro de las cuales están:

Tabla I. Pasos del saneamiento mayor

Operación	Tiempo en minutos
Enjuague con agua	15
Desinfectante a base de ácido	15
Enjuague con agua	10
Desinfectate a base de ácido	15
Enjuague con agua	10
Jabón líquido	15
Enjuague con agua	15
Total	95

Fuente: elaboración propia.

Con un tiempo promedio de una hora y 45 minutos para la realización del mismo.

2.5.2. Saneamiento menor

Es una limpieza que se realiza a los equipos de la línea de llenado cada cierta cantidad de horas para garantizar la inocuidad de los productos. Esta consta de 5 fases dentro de las cuales están:

Tabla II. **Pasos del saneamiento menor**

Operación	Tiempo en minutos
Enjuague con agua por	10
Desinfectate a base de ácido	15
Enjuague con agua	15
Jabón líquido	15
Enjuague con agua	15
Total	70

Fuente: elaboración propia.

Con un tiempo promedio de una hora y media para su realización.

2.5.3. Cambio de presentación

Son ajustes que se realizan en los equipos y trasportes para poder llenar un tamaño distinto de producto.

Dentro de la línea se llenan las siguientes presentaciones:

Tabla III. **Tamaños de presentaciones**

Presentaciones
600 mL
500 mL
200 mL
12 onzas
8 onzas

Fuente: elaboración propia.

Para poder modificar el tamaño de la presentación se deben realizar los ajustes y cambios en los equipos. Cada cambio conlleva un tiempo distinto, dado que no se realizan los mismos ajustes.

2.5.3. Cambio de sabor

Es el proceso que se realiza para poder cambiar de un sabor de bebida a otro. Este cambio conlleva en la mayoría de los casos, un saneamiento menor para poder cambiar al siguiente sabor, cumpliendo con los parámetros de calidad e inocuidad.

Según el historial de cambios de sabor durante el año 2017, el tiempo promedio para los cambios de sabor es de 1,75 horas.

2.5.4. Limpieza general

Limpieza de pisos, paredes y estructuras de la línea de producción, para evitar la proliferación de plagas y la contaminación de los productos y materia prima. Esta limpieza se realiza diariamente, durante todo el día por personal contratado específicamente para limpieza, este personal no influye en la producción de los productos.

2.5.5. Capacitación

El personal de las líneas de llenado es capacitado para poder operar de forma correcta los equipos y realizar las operaciones necesarias para el funcionamiento continuo de la línea.

Cada equipo de la línea se opera de distinta forma, por lo que, no se puede capacitar a todo el personal de igual forma, y no se cuenta con un tiempo específico para la capacitación del personal, esto se realiza dentro de la hora de producción. Solo se realiza una inducción para el personal nuevo durante 15 días de trabajo, en los cuales el personal nuevo tiene que aprender a operar el equipo.

2.6. Paro de producción no programado

Son todos los paros dentro de la línea de llenado que no están contemplados dentro del plan de producción a causa de cualquier tipo de falla, falta de servicio básico o materia prima. Los tiempos de un paro no programado no tiene un máximo o mínimo; si bien se puede detener la línea por un minuto para realizar un ajuste, también pueden existir paros de horas o turnos completos por fallas mayores o por simple falta de abastecimiento.

2.6.1. Mecánico

El paro no programado por motivo de fallas mecánicas o técnicas en los equipos o transportes de la línea de llenado. Se puede detener la línea de llenado a causa de una falla en una banda transportadora, llenadora, etiquetadora o cualquier otro equipo de uno de sus componentes mecánicos.

2.6.2. Operativo

Paro no programado por motivo del personal operativo de la línea de producción, por ejemplo; se puede detener la línea de llenado por falta de tapas en la roscadora por parte del operario de la roscadora.

2.7. Paro de producción por mantenimiento

Paro que se realiza por motivo de mantenimiento de uno de los equipos o transportes de la línea de llenado.

2.7.1. Programa de mantenimiento

Este programa se divide en 4 tipos básicos de mantenimiento que son los siguientes:

2.7.1.1. Autónomo

Mantenimiento realizado y controlado por el personal operativo de la línea de llenado, este mantenimiento conlleva tareas básicas como el reapreté, lubricación y limpieza de los equipos productivos de la línea, con el fin de prolongar el tiempo de vida útil de los equipos y evitar paros no programados por fallas, este mantenimiento se realiza dentro de las horas productivas.

2.7.1.2. Preventivo

Dentro del programa se incluyen mantenimientos semanales en donde se realizan revisiones, reapriete y lubricación de los equipos; si existe algún reporte

de falla, esta se corrige o se realiza el remplazo de la parte dañada por un repuesto nuevo.

2.7.1.3. Correctivo programado

Mantenimiento que se realiza a un equipo que tiene una falla, esta reparación del equipo se realiza en el próximo mantenimiento semanal siempre que se pueda esperar y utilizar el equipo con la falla.

2.7.1.4. Correctivo de emergencia

Mantenimiento que tiene prioridad sobre los anteriores del punto 2.7.1. Se presenta cuando se da una falla que detiene la línea de producción, esta debe ser reparada con la mayor brevedad posible para poder continuar con la producción, se crea una demora cuando el repuesto que se desea cambiar no se encuentra en la bodega de repuestos y se debe comprar a un proveedor, en los casos más drásticos, importar de otro país y esto conlleva días o hasta semanas.

2.8. Indisponibilidad externa

Es un paro debido a causas ajenas a la línea de llenado, dentro de las cuales se puede tener cualquiera de las siguientes áreas:

- Servicios básicos
- Materia prima
- Bodega de producto terminado
- Producción de envase

2.8.1. Servicios básicos

Un paro a causa de la falta o inconsistencia en uno de los servicios siguientes:

2.8.1.1. Vapor alimenticio

Baja presión o flujo volumétrico bajo en el suministro de vapor o falta del mismo a causa de fallas en las calderas.

2.8.1.2. Agua purificada

Baja presión en el suministro, fuga en tubería de suministro, agua que no cumple con los parámetros de inocuidad.

2.8.1.3. Energía eléctrica

Falta de suministro, caída de tensión, falla de los equipos transformadores o red transmisión.

2.8.2. Materia prima

El área de materia prima puede detener la producción de la línea de llenado a causa de lo siguiente:

2.8.2.1. Falta de materia prima

El área de materia prima puede dejar sin suministro de jarabe a la línea de llenado, falta de etiqueta o falta de tapa.

2.8.2.2. Calidad de Materia Prima

Materia prima que puede suministrar a la línea de los materiales necesarios para el llenado y empaquetado de los productos, pero si estos no cumplen con las especificaciones del departamento de calidad estos materiales no podrán ser utilizados para la producción, por lo que, esta se verá detenida hasta que se suministren materiales adecuados.

2.8.3. Almacén de producto terminado

Es el encargado de la rotación y abastecimiento de la tarima para el producto terminado y del espacio para almacenarlo.

2.8.3.1. Falta de espacio para producto terminado

Otra razón por la que el almacén de producto terminado puede forzar a la línea que se detenga, es la falta de espacio para el almacenamiento de los productos terminados en la bodega.

2.8.3.2. Falta de tarima

Si la línea de llenado se queda sin suministro de tarima esta se verá obligada a detener la producción por la acumulación en la paletizadora.

2.8.4. Envase

El área de envase puede dejar de suministrar botellas por las siguientes razones:

2.8.4.1. Falta de envase

El volumen de producción de envase es menor al volumen de producción de la línea de llenado, por lo que se debe tener un *stock* de seguridad de envase para poder mantener la línea en producción continua, si este *stock* se termina a causa de una corrida de producción de gran volumen, la línea se verá forzada a detener su producción.

2.8.4.2. Envase mal formado

Durante el proceso de soplado de los envases se debe mantener temperaturas muy exactas en varias zonas de la preforma para obtener una botella bien formada y uniforme, si la temperatura está fuera de los rangos, la botella tiene un espesor muy delgado en algunas partes o no toma la forma completa del molde, con una inspección a simple vista se puede comprobar, pero al llenar y empaquetar el producto, los envases pueden fallar y doblarse o romperse causando el paro inmediato de la producción.

3. PROPUESTA PARA AUMENTAR LA PROSPECCIÓN DE LA EFICIENCIA REMUNERADA DE LA LÍNEA DE LLENADO DE BOTELLAS PET

3.1. Intervención a planta de producción

La propuesta se plantea para la planta de producción ubicada en la Calzada Raúl Aguilar Batres.

3.1.1. Área de producción

Área de la planta de producción que se dedica al llenado, empaque y embalaje de las bebidas.

3.1.1.1. Línea de llenado PET

Línea de producción que etiqueta, llena y empaca las bebidas en envase plástico PET.

3.2. Nuevos procedimientos para la carga de producto en la llenadora

a continuación, se describe los procedimientos para la carga de producto.

3.2.1. Procedimientos para bebidas isotónicas

Se propone crear un procedimiento con las instrucciones completas y detalladas para la carga de sabor en la llenadora, cambio de etiqueta y empaque,

teniendo así una sola forma de realizar la carga para poder obtener siempre un resultado igual y así, estandarizar el procedimiento y tiempo de carga en cada corrida. Creando un procedimiento distinto para cada sabor y presentación de las bebidas, controlando las variables para mantenerse dentro de los parámetros establecidos de calidad e inocuidad, evitando anomalías o fallas recurrentes.

Determinar las tareas críticas para el proceso de puesta a punto, y dándole una especial atención a ello.

Para ello se propone utilizar el método de gestión PDCA.

Como parte de la P (Meta, Método), inicialmente se debe plantear la “meta” que será: crear procedimientos claros y sencillos para la carga y puesta a punto.

Se presenta el procedimiento propuesto (Método) para estandarizar las puestas a punto para el cambio de presentación identificando su tarea crítica, presente en el apéndice 2.

Luego, utilizar un método que será como parte de la D (Ejecución, 5S, Moral). Se detallará en el punto 4.2.

3.2.2. Procedimientos para bebidas carbonatadas

Se propone la realización de un procedimiento paso a paso para la carga de sabor en la llenadora, cambio de etiqueta y ajuste de la medida del empaque; teniendo así una sola forma de realizar la carga para obtener siempre un resultado y tiempo con un procedimiento distinto para cada sabor y presentación, controlando los variables para mantenerse dentro de los parámetros establecidos de calidad, inocuidad y seguridad.

En el punto 3.2.1 se propone utilizar el método de gestión PDCA y procedimiento de en el apéndice 2.

3.3. Área de la línea de llenado

Dentro del área de producción se suscitan algunos paros que se detallan a continuación.

3.3.1. Reordenamiento de paros de producción

Dividir los paros en categorías en las cuales se pueda identificar de mejor forma la razón, el responsable del paro y el tiempo del paro.

3.3.1.1. Paros evitables

Será un paro en la producción a causa de los operadores de la línea y que estos pudieron evitar, porque están bajo la responsabilidad y eficiencia de los mismos operadores de la línea. A continuación, especificados:

Tabla IV. **Paros evitables en la línea de llenado**

Equipo	Causa(s)	Efecto(s) de paro
Silo de almacenamiento	Exceso de envase en silo.	Envase golpeado
Trasporte aéreo	Mal ajuste en las guías de transporte.	Envase atascado
Etiquetadora	No se realizó cambio de rollo terminado.	Falta de etiqueta
	Mala colocación de la etiqueta.	Mal etiquetado
	Envase no etiquetado.	
	Etiqueta trabada en control.	
	Falta o exceso de temperatura del pegamento.	Etiqueta dañada
	Falta o exceso de pegamento.	
	Rollo mal colocado.	
Llenadora	Envase atascado a la entrada de la llenadora.	Falta de envase
	Envase golpeado.	
	Alto nivel de llenado.	Producto descartado
	Bajo nivel de llenado.	
	Baja concentración de CO ₂ .	
	Alta concentración de CO ₂ .	
	Brix alto o brix bajo.	
Bandas transportadoras	Falta de inspección y corrección.	Producto caído o atascado.
Empacadora	No se realizó el cambio de rollo consumido.	Falta de plástico termoencogible.
	Falta de temperatura en hornos.	Empaque mal formado.
	Exceso de temperatura en hornos.	Empaque roto
	Envase caído en vibradores.	Producto caído o atascado.
	Desajuste en guías.	
Paletizadora	Falta de inspección y corrección.	Camas mal formadas
	No se realiza cambio de rollo terminado.	Falta de plástico <i>polystrech</i> .
	Falta de inspección y corrección.	Mal enrollado de la tarima.

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2. Paros necesarios

Paros dentro de la línea que no se pueden evitar y que son necesarios realizarlos con periodicidad.

Tabla V. Paros necesarios en la línea de llenado

Equipo	Motivo de paro
Llenadora	Saneamientos
	Cambios de sabor
	Cambio de presentación
	Limpieza general
Silo de almacenamiento de botellas	Limpieza
Empacadora	Ajuste de longitud de lienzo en cambio de presentación
Bandas trasportadoras	Limpieza
	Ajuste a nueva presentación
Paletizadora	Ajuste de tensión de plástico
	Ajuste de numero de vueltas a la tarima
	Cambio de rollo plástico
Etiquetadora	Cambio de etiqueta
	Ajuste de etiquetado
	Limpieza de cilindros

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.3. Paros técnicos

Paros que se realizan por mantenimiento de los equipos o reparación de fallas de los mismos.

Tabla VI. **Paros técnicos en la línea de llenado**

Equipo	Motivo de paro
Llenadora	Mantenimiento de sistema de llenado
	Cambio o ajuste de válvulas de llenado
	Reemplazo de piezas desgastadas
	Ajuste y puesta a punto del sistema
Trasporte aéreo	Alineación y reapreté
Etiquetadora	Sincronización de corona
	Reemplazo de piezas desgastadas
	Ajuste y reapriete del sistema
	Falla de servomotor
Empaquetadora	Cambio de lienzo
	Ajuste de temperatura a hornos
	Cambio del tamaño de empaque
Bandas transportadoras	Ajuste de sensores ópticos
	Nivelación de las guías de transporte según presentación
Paletizadora	Cambio de lienzo
	Programación de numero de vueltas y tensión
	Pruebas de tensión

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Clasificación de paros de producción

A continuación, se clasifican las jerarquías de paros de producción.

Figura 5. **Jerarquía de paros de producción**



Fuente: elaboración propia.

3.3.2.1. Jerarquía por prioridades

Se plantea tener una jerarquía para realizar los paros dentro la línea de llenado. Esta pretende mantener las políticas de la empresa, el bienestar físico y mental de los operadores de la línea de llenado, alcanzar el objetivo gerencial, de producción y eficiencia. Adoptando el siguiente orden jerárquico.

3.3.2.1.1. Jerarquía por seguridad

Todos los paros deben darle prioridad a la seguridad de los trabajadores ante cualquier otro motivo por el cual se tiene que detener la línea o un equipo.

La seguridad industrial es el factor más importante dentro de una planta de producción, el recurso humano es el más importante; para resguardar la salud e integridad física de los colaboradores es necesario tener una política de seguridad que garantice la salud e integridad física de los colaboradores, que tenga los lineamientos claros y lógicos para afrontar una situación de riesgo o algún incidente ocurrido en los procesos de producción, transporte, almacenamiento de la producción y operación de los equipos.

3.3.2.1.2. Jerarquía por inocuidad

Luego de darle prioridad a la seguridad ante cualquier otro motivo de paro, se continua la jerarquía de inocuidad. Todo paro que conlleve mantener la inocuidad de los productos será prioridad ante cualquier otro que deba realizarse dentro de la línea de producción o de alguno de sus equipos, con el fin de dar la garantía de obtener productos sin contaminación y que no presente riesgos a la salud de los consumidores.

3.3.2.1.3. Jerarquía por calidad

Luego de que la seguridad y la inocuidad tengan la prioridad de los paros se prioriza la calidad como motivo de paro. Todo paro es necesario para mantener la calidad de los productos tales como su contenido, empaque y apariencia; obteniendo así productos de la mejor calidad.

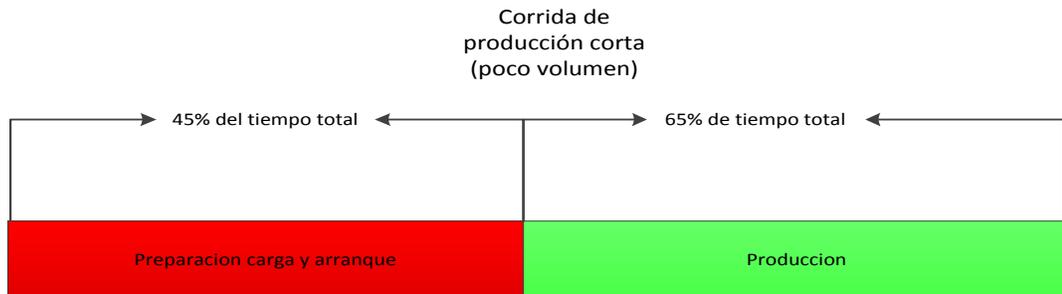
3.4. Aumento de volumen en las corridas de producción

Un aumento en el volumen de producción conlleva mayor tiempo en la producción y mayor consumo de materias primas, demandando así, un *stock* más amplio de materiales y una rotación más rápida de los mismos; al aumentar los volúmenes de producción se podrá aumentar los acumulados mensuales de eficiencia de la línea.

A continuación, se ejemplifica de forma gráfica lo anteriormente descrito en este punto.

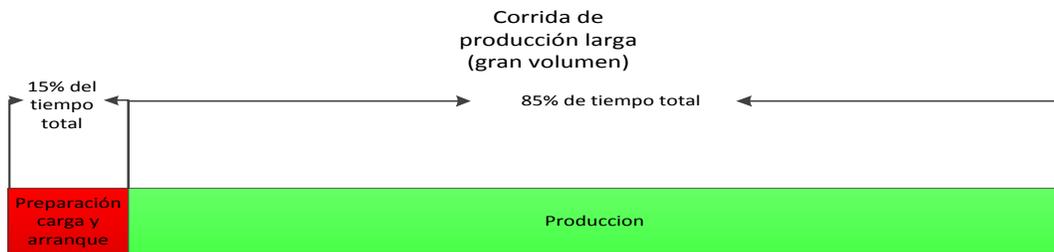
Teniendo una corrida de producción corta (4 horas) el tiempo de preparación y carga consumen un aproximado de 45 % a 50 % del tiempo de producción, lo cual no es favorable para la línea de llenado en términos de eficiencia.

Figura 6. **Corridas de producción corta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Corrida de producción larga**



Fuente: elaboración propia.

El tiempo de preparación, carga y arranque en las figuras 6 y 7 es el mismo, pero con una corrida larga de producción (12 horas), los tiempos de carga, preparación y arranque de la línea no tendrán mucha influencia en la eficiencia; ya que, comparados con el tiempo de producción total, no reflejan un alto porcentaje de participación, como sí, lo son en corridas cortas de producción.

Para poder mantener una alta eficiencia en la producción de las bebidas en botellas PET es fundamental que la línea no tenga muchos paros de producción y que se cumpla lo siguiente:

- Realizar la menor cantidad de paros programados y no programados.
- Que la duración de los paros sea lo más breve posible.

- Que se realicen los paros en los momentos adecuados para poder realizar tareas combinadas o simultáneas.

3.4.1. Anticipación de la programación

Para poder coordinar corridas más largas de producción se debe tener un dato preciso de la demanda actual y futura de los productos para poder programar corridas de producción más largas y no alternar de forma continua los cambios de sabores o presentación.

Se propone que se anticipen a la línea de llenado un programa que unifique las corridas de un mismo sabor en turnos cercanos para realizar una sola corrida más larga y con menos paros.

3.4.2. Predisposición de la línea de llenado al cambio de sabor

Para poder reducir el tiempo de un cambio de sabor dentro de la línea se propone que los operadores de cada equipo, tengan todas las herramientas y materia prima necesaria, lista y ordenada para poder realizar los cambios necesarios en poco tiempo de forma precisa y ordenada.

Cumpliendo de forma correcta las actividades y tareas de los procedimientos se logrará evitar paros por malos ajustes en los equipos.

3.4.3. Predisposición de la línea de llenado al cambio de presentación

Los cambios de presentación conllevan modificaciones en la línea para que la nueva botella que circulará dentro de la línea lo haga de manera correcta, para

cada cambio de presentación se tiene determinados los cambios que son necesarios.

Se propone que los operadores conozcan claramente los procedimientos que se deben realizar y la herramienta necesaria para que los ajustes sean de forma rápida y precisa; evitando errores y reajustes a los equipos. Además, las herramientas deben encontrarse en óptimas condiciones para que sean más funcionales a los equipos de la línea de llenado.

3.5. Mantenimiento proactivo

Una parte fundamental dentro del buen funcionamiento de la línea de llenado es un mantenimiento. Pero un solo tipo de mantenimiento no es suficiente para garantizar que la línea no presentará fallas durante su funcionamiento.

Como su nombre lo indica se prevendrán las fallas y si existe alguna futura falla se podrá predecir y corregir antes de que esta ocurra.

Se propone realizar los siguientes planes de mantenimiento: diario, semanal y mensual a los equipos de la línea de llenado.

3.5.1. Línea de llenado

En los siguientes puntos se presentan los diferentes equipos que funcionan en la línea de llenado.

3.5.1.1. Equipos

A los equipos que se les aplicará un mantenimiento proactivo de la línea de llenado son los siguientes:

- Etiquetadora: equipo encargado de colocar y pegar las etiquetas en el envase PET.

Figura 8. **Etiquetadora de envases**



Fuente: <https://logismarketcl.cdnwm.com/ip/auxiembra-maquina-etiquetadora-de-envases-cilindricos-maquina-etiquetadora-de-envases-cilindricos-905193-FGR.jpg?imgmax=800>.

Consulta: 29 de marzo de 2018.

- Llenadora: equipo que llena y sella los envases con la bebida.

Figura 9. **Llenadora de bebidas**



Fuente: <http://analytics.cintona.com/wp-content/uploads/2017/02/KHS2.jpg>. Consulta: 29 de marzo de 2018.

- Empacadora: equipo que agrupa las bebidas individuales y las empaca en paquetes de la cantidad deseada, hasta 24 unidades.

Figura 10. **Empaquetadora de bebidas**



Fuente: http://img.directindustry.com/ja/images_di/photo-g/21322-3911185.jpg. Consulta: 29 de marzo de 2018.

- Paletizadora: equipo que ordena, estiba y aísla los paquetes en una tarima para su transporte y almacenamiento.

Figura 11. **Paletizadora de paquetes de bebidas**



Fuente: <http://italpetsac.com/wp-content/uploads/2016/05/PALETIZADORA1.jpg>. Consulta: 29 de marzo de 2018.

3.5.1.1.1. Preventivo

- Diario

El mantenimiento preventivo diario estará basado en mantener todos los niveles de lubricante, refrigerante, presión, volumen, temperatura, voltaje, frecuencia y flujo dentro de los parámetros de operación permitidos por el fabricante del equipo, como también el correcto y completo funcionamiento de los equipos; antes, durante y después de cada turno de producción. Basándose en el funcionamiento descrito por el fabricante, utilizando los productos recomendados con el tiempo de vida permitido.

Tabla VII. **Mantenimiento preventivo diario en la línea de llenado**

Equipo	Operación
Llenadora	Revisión y carga de unidad de mantenimiento de sistema neumático.
	Revisión y ajuste de presión de aire de baja y alta presión.
	Revisión de panel principal de control y sus parámetros.
	Aplicar grasa en puntos de lubricación de partes móviles y giratorias y roscas.
Etiquetadora	Revisión y carga de unidad de mantenimiento de sistema de lubricación.
	Revisión del correcto funcionamiento del dispensador de etiquetas.
	Revisión de correcto funcionamiento de los rodillos de transporte.
	Revisión de correcto funcionamiento de sensores ópticos.
	Revisión de correcto funcionamiento de rodillo encolador.
Empaquetadora	Revisión general del equipo.
	Revisión de las bandas transportadoras.
	Revisión de los vibradores separadores de paquetes.
	Revisión del correcto funcionamiento de los sensores ópticos.
Paletizadora	Revisión de correcto funcionamiento de brazo giratorio.
	Revisión de libre rodamiento de rodillos transportadores.

Fuente: elaboración propia.

- Semanal

Basado en programas de mantenimientos periódicos. Implica trabajar con el equipo fuera de funcionamiento para garantizar la seguridad de los operarios y mecánicos encargados del mantenimiento, dándole prioridad a las anomalías

surgidas durante la semana para evitar futuras fallas. El mantenimiento conllevará actividades de lubricación, limpieza, reapriete, remplazo de repuestos y pruebas de funcionamiento.

Tabla VIII. **Mantenimiento semanal dentro de la línea de llenado**

Equipo	Actividad
Etiquetadora	Limpieza y lubricación de partes móviles y ejes de rotación, cojinetes, volantes, bases porta envases, sistema de trasmisión, leva de cilindros neumáticos.
	Verificar tuberías de lubricación y cargar depósitos de grasa.
	Reapriete de tornillería.
	Verificar estado de corona de ingreso y salida de botella.
	Verificación del buen funcionamiento de los dispensadores de etiqueta.
	Limpieza y prueba de sensores ópticos de inspección visual general.
Llenadora	Verificar el correcto funcionamiento de los cilindros neumáticos de llenado.
	Verificar pinzas de trasferencia.
	Verificar válvulas de llenado.
	Verificar rodillos de cilindros.
	Verificar el estado de los selladores hidráulicos de llenado.
	Verificar el buen funcionamiento de las válvulas neumáticas.
	Verificación de las conexiones y mangueras neumáticas y reparación de fugas de aire.
	Revisión de presión de trabajo, cambio de lubricante y limpieza de unidad de mantenimiento.
	Verificar el buen funcionamiento del caudalímetro.
	Revisión de válvulas reductoras.
	Verificar tensión de fajas y desgaste.
	Verificar desgaste y sujeción de las poleas.
	Lubricación de brazos roscadores, ejes de cardán, distribuidores y todas las graseras y puntos de lubricación.
	Inspección visual general.

Continuación tabla VIII.

Empaquetadora	Revisión del correcto funcionamiento de las placas guidoras a la entrada de envase.
	Revisión de las barras de transporte.
	Lubricación de todos los componentes.
	Verificar estado de rodillos de termoencogible.
	Verificación de la temperatura de guillotina y correcto corte de lienzo.
	Limpieza y lubricación de bandas transportadoras.
	Inspección visual general.
Paletizadora	Verificar el correcto funcionamiento de los rodillos y cadenas transportadoras.
	Limpieza y lubricación de chumaceras, piñón y cremallera, ejes de cardán y partes móviles.
	Limpieza y verificación de funcionamiento de sensores de transporte y seguridad.
	Verificar la correcta presión de trabajo y unidad de mantenimiento del sistema neumático.
	Lubricación de las guías de transporte.
	Lubricación de ejes de motores.

Fuente: elaboración propia.

- Mensual

Tabla IX. **Mantenimiento mensual dentro de la línea de llenado**

Equipo	Actividad
Llenadora	Esterilización de filtros.
	Limpieza y verificación del buen funcionamiento del distribuidor.
	Verificación y ajuste de fajas y poleas del sistema de transmisión.
	Limpieza lubricación y reparación o cambio de sistema de tracción de bandas transportadoras.
	Lubricación y revisión de piñón y cadena de sistema de transmisión movimiento.
	Lubricación de engranes y cadenas de sistema de transmisión de movimiento.

Continuación tabla IX.

Llenadora	Lubricación de cilindros de corona central.
	Lubricación de cojinetes de rodillo encolador.
Paletizadora	Verificación del estado y lubricación de piñón cremallera y chumacera de sistema de transmisión de transporte.
Empaquetadora	Verificación de material refractario de los hornos.
	Verificación y lubricación del sistema de transmisión de movimiento.

Fuente: elaboración propia.

- Tiempo de vida útil

Se propone llevar un control de los tiempos de vida útil que será parte del mantenimiento preventivo de la línea, este control ayudará a prevenir fallas en los equipos.

El cambio de los repuestos debe realizarse antes de cumplir con el tiempo de vida útil de los elementos instalados actualmente, esto con el fin de prevenir que se tenga daños en los elementos; evitando así tener que detener la línea en periodos de producción.

Los cambios de los elementos deben programarse dentro de los mantenimientos semanales o mensuales, corroborando que haya existencia en la bodega de repuestos, también se debe llevar el control del formato de control de vida útil mostrado a continuación.

Tabla X. **Formato propuesto para control de tiempo de vida útil.**

Control de Tiempo de vida util de repuestos, herramientas e instrumentos										
Linea		Equipo			Fecha			% de rendimiento		
No.	Codigo	# de serie	Mecanico	Tipo de repuesto	Descripcion	Tiempo de vida util	Fecha de instalacion	Fecha de reposicion teorica	Fecha de reposicion real	% de rendimiento
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
Notas					Nombre y firma					

Fuente: elaboración propia.

En el formato de la tabla X se ingresan todos los datos necesarios para poder tener el control de la reposición de un elemento, la fecha que se instaló, la fecha teórica en que debería cambiarse el elemento según el tiempo de vida que el fabricante ofrece y la fecha real en que se repuso el elemento para obtener un porcentaje de rendimiento del repuesto, comparando el tiempo teórico de vida útil con el tiempo real de vida útil.

Este cociente deberá de ser igual al 100 %, al tener que remplazar el elemento antes de cumplirse su tiempo de vida útil por falla, se tendrá un porcentaje de rendimiento menor. Por último, y si el elemento es cambiado después de haber sobrepasado el límite de vida útil se tendrá un porcentaje de rendimiento mayor al 100 %.

En el caso de tener un rendimiento menor al ofrecido por el fabricante, deberán de analizarse los siguientes factores:

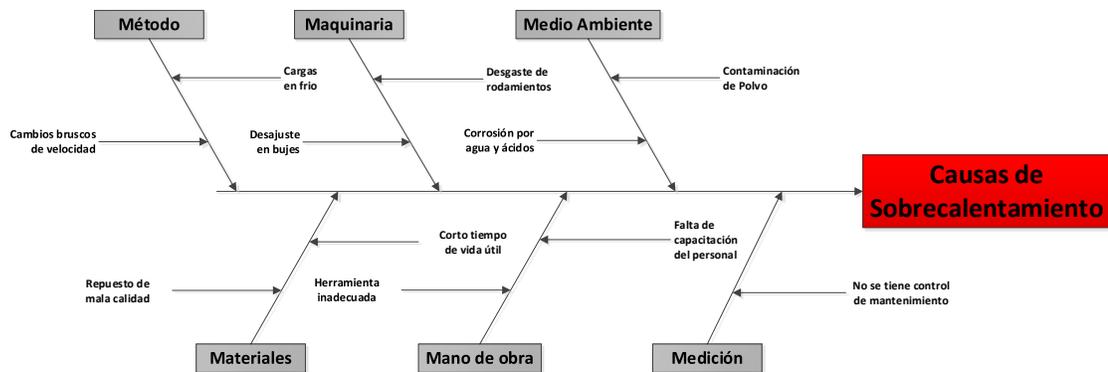
- Falta de mantenimiento
- Mala instalación
- Sobre esfuerzo
- Sobre calentamiento
- Mala operación del colaborador
- Mal funcionamiento del equipo

Posteriormente, al determinar la causa se determinará la frecuencia con la que los elementos están fallando para poder tomar medidas correctivas.

- Sobrecalentamiento

Se propone que para la identificación y verificación de sobrecalentamiento se preste especial atención con el apoyo de cámaras termográficas, evaluar de manera periódica los motores de inducción, servomotores y equipos con movimiento de rotación o traslación; comparar las temperaturas de funcionamiento de los elementos contra la temperatura ideal de funcionamiento según el fabricante. Y con base a las variaciones de los resultados contra los valores teóricos de funcionamiento para poder predecir las futuras fallas de los equipos o sus elementos de alto costo.

Figura 12. Diagrama Ishikawa del sobrecalentamiento



Fuente: elaboración propia.

Identificando las causas del sobrecalentamiento tendremos una idea de cuáles pueden ser las causas.

- Exceso en consumo de energía eléctrica

Se propone llevar un control de consumo de energía eléctrica en el que se detalle los consumos diarios de cada equipo de la línea de llenado, con base en este registro y un análisis de los consumos, se podrá identificar cuándo un equipo inicia a tener un consumo de energía eléctrica mayor al normal, en este caso debe de realizarse el remplazo o reparación de los componentes con exceso de consumo de energía eléctrica. Formato propuesto en el apéndice 3.

3.5.1.1.2. Correctivo

- Por sobreesfuerzo

Se propone un mantenimiento correctivo de los equipos o componentes que no estén trabajando bajo las condiciones óptimas de funcionamiento, sea esta una reparación o reemplazo de piezas dañadas o cambio total del mismo, se propone realizarlo en cualquiera de los siguientes casos:

Tabla XI. **Motivos de remplazo por sobreesfuerzo**

Elementos mecánicos	Deformación plástica
	Fisuras
	Desgaste
	Pérdida de dureza o tenacidad
Elementos eléctricos	Sobrecarga
	Exceder temperatura normal de operación
	Consumo excesivo de energía eléctrica

Fuente: elaboración propia.

- Por falla

Se propone reemplazar o reparar el equipo o componente con una falla parcial o total para determinar la causa de la falla, para poder corregirla o evitarla. Por falla en los siguientes casos:

Tabla XII. **Motivos de cambio por falla**

Elementos mecánicos	Quebraduras
	Deformación permanente
	Desgaste
	Holgura
	Fundición de piezas
	Corrosión
	Embotamiento
Elementos eléctricos	Desgaste de cojinetes
	Mal contacto
	Funcionamiento incorrecto
	Sobrecalentamiento

Fuente: elaboración propia.

3.5.1.1.3. Predictivo

- Vibración

Con la instalación de sistema de análisis de vibraciones en los principales y más importantes ejes de rotación de la línea de llenado, monitorear las vibraciones de los equipos de forma continua para poder predecir las posibles fallas en elementos de gran costo y de difícil reemplazo, alargando así la vida de los equipos.

- Aumentos y caídas de tensión

Estas variaciones en el suministro eléctrico son comunicadoras de que algo, dentro de los equipos está fallando o trabajando de forma inadecuada y se genera un consumo extra en la energía eléctrica, fallas eléctricas o electrónicas que provocan caídas de tensión y por consiguiente fallas o pérdidas de potencia en los equipos, pueden ser utilizadas en el reconocimiento de posibles fallas o inconsistencias.

3.5.1.1.4. Stock mínimo de repuestos

Se plantea crear una división del *stock* de repuestos con una metodología, de la siguiente forma.

- *Stock* de alta rotación

Todos los repuestos o piezas que requieren cambio de forma regular y con gran volumen de unidades.

- *Stock* de baja disponibilidad

Repuestos de los cuales el tiempo de entrega es muy largo debido a la importación, repuestos del que se tiene pocos proveedores o solo uno; repuestos fabricados especialmente para equipos de la línea de llenado.

- *Stock* de alto costo de repuesto

Repuestos de importación desde un solo proveedor, repuestos de mayor costo que todos los de la línea, repuestos de gran dimensión y precisión.

3.5.2. Montaje y almacenamiento adecuado de los equipos y repuestos

El correcto y adecuado montaje de los equipos es un punto clave y de gran importancia para el tiempo de vida de los equipos e instrumentos, por lo que, si se realiza un montaje con la herramienta adecuada y por personal capacitado, se tendrán más probabilidades de que los equipos cumplan con su tiempo de vida predeterminado. Se propone que las instalaciones de los equipos sean realizadas con la herramienta indicada en buen estado, y realizar todos los pasos necesarios y de forma secuencial según el manual de instalación del fabricante, cumpliendo todos los parámetros que este especifica; Utilizando el lubricante, refrigerante o compuestos adecuados en las cantidades adecuadas.

Al momento del almacenaje de los repuestos ingresados al almacén de mantenimiento, se propone realizar las acciones necesarias para que estos no se dañen por las condiciones ambientales del lugar, ni se vean modificados en su calibración, cumpliendo las recomendaciones de los fabricantes.

3.6. Sincronización y optimización de operaciones dentro de las horas de producción

Se propone identificar y darle especial atención a las operaciones o tareas críticas dentro de la línea de llenado que son propensas a paros o fallas continuamente, estas operaciones son las siguientes.

3.6.1. Manejo de equipos de llenado

Dentro de esta línea, la llenadora es el equipo que marca el ritmo de producción, por esta razón, se tiene que utilizar sus componentes de la mejor manera para obtener un óptimo rendimiento.

Se propone verificar el cumplimiento de los procedimientos de carga y puesta a punto por medio de hojas de verificación.

3.6.2. Operaciones vinculadas

Toda la operación que tiene una dependencia de la anterior para ser realizada son “operaciones vinculadas”, y en la línea de llenado todas las operaciones están vinculadas desde la entrada del envase hasta la salida del producto terminado y empacado.

Se propone identificar por medio de hojas de verificación qué operaciones o tareas están causando demora en la línea de llenado y cuáles son sus porcentajes de recurrencia. Es decir, qué operación tarda más de lo programado y deja en espera a la siguiente.

3.6.3. Toma de decisiones

La toma de decisiones durante la operación es crucial, por lo que, tiene que ser acertada y pronta para no afectar la producción de la línea. La toma de decisiones de los colaboradores debe ser acertada por los conocimientos de funcionamiento de los equipos, conservando las políticas de seguridad, inocuidad y calidad. Se propone la capacitación del personal para poder seleccionar el

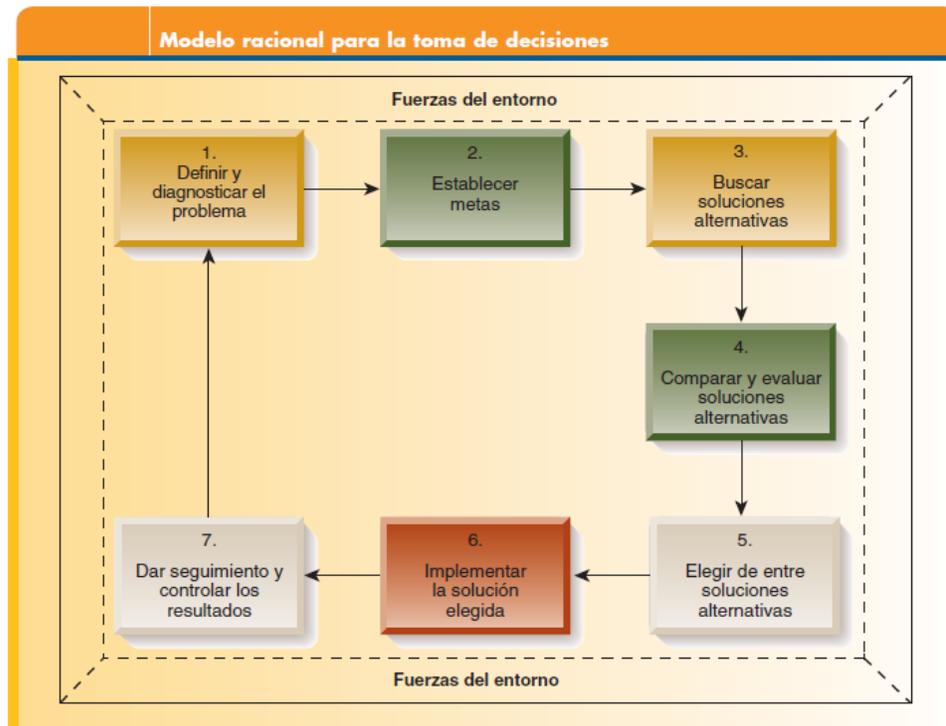
correcto curso entre las posibles opciones. Para ello, se toma en cuenta las siguientes características:

- Conocimientos técnicos.
- Experiencia.
- Guiarse por un método de toma de decisiones.

Se propone utilizar el siguiente modelo de la toma de decisiones:

- Modelo racional para la toma de decisiones
 - Se propone utilizar la metodología del modelo racional para la toma de decisiones dentro de la línea de llenado, en la cual se deben seguir las fases o pasos del modelo de forma secuencial para poder tener una buena toma de decisiones, a continuación, se describe de forma gráfica los pasos del modelo:

Figura 13. Diagrama de flujo del modelo racional para la toma de decisiones



Fuente: HELLRIEGEL, Jackson. Administración. p. 266

- Paso 1. Definir y diagnosticar el problema. Es preciso identificar y monitorear diversos factores del entorno interno y externo, para decidir cuáles son los que están contribuyendo al problema, con esto se podrá determinar las causas y síntomas del problema.
- Paso 2. Establecer metas. Son los resultados que se alcanzarán y señalan la dirección que deben tomar las decisiones y acciones, estas deben coincidir con las metas de la gerencia y cumplir una jerarquía racional.

- Paso 3. Buscar soluciones alternativas. Generar e identificar alternativas nuevas e innovadoras para poder obtener no solo las metas planteadas sino también mejores resultados.
- Paso 4. Comparar y evaluar las posibles soluciones alternativas. Determinar los posibles resultados y sus costos relativos.
- Paso 5. Elegir entre soluciones alternativas. Puede elegirse una o más, y estas tienen que tener un fundamento o base técnica y cuantitativa.
- Paso 6. Implementar la solución elegida. Esta debe ser preferentemente con base técnica y apoyada por las personas que se encargaran de implementarla.
- Paso 7. Dar seguimiento y controlar los resultados. Controlar las actividades de la implementación y controlar los resultados, si esta solución no está produciendo resultados se deberá de tomar acciones correctivas.

3.6.4. Cambio de turno

Los cambios de turno son otro punto crítico durante la producción de la línea, debido a los cambios de puesto en los equipos, por lo que se propone:

- Antes de realizar el cambio de turno, mantener los parámetros al medio de los límites, esto con el fin de evitar que salgan del rango, realizando una prueba y corrección lo más cercano posible al cambio de turno.

- No dejar inconclusas tareas durante el cambio de turno, para evitar repetir u omitir procedimientos.
- Alertar al operador entrante de anomalías o fallas presentes en el equipo que requieren supervisión continúa.

3.7. Eliminación de paros no programados

El motivo de los paros no programados está descrito en el punto 2.6. así como el listado de los paros que son considerados como no programados; para poder eliminar estos paros; se propone un plan de acción para evitar las causas que generan los paros no programados por motivos operativos exclusivamente.

Dentro de la línea de llenado, la mayor cantidad de paros no programados según el historial del año 2017 se debe a la falta de suministro de materiales. Por lo cual se propone realizar lo siguiente.

- Determinación de los tiempos de consumo de la materia prima
 - Frecuentemente un operario está encargado de un equipo completo; este requiere el control de una variedad de parámetros de forma simultánea, que puede llevar al operario a pasar por alto a uno o más de ellos, causando paros de producción no programados.
 - Se propone crear un sistema de cronometración de los tiempos de consumo de los materiales empleados en la producción de los productos, para poder determinar el tiempo estándar de consumo de cada material; considerando que las velocidades de consumo de cada material para todas las presentaciones y sabores es distinta, esto

quiere decir, que la etiqueta de la presentación 200 ml no se consume a la misma velocidad que la etiqueta de la presentación de 12 onzas. Para poder determinar el tiempo estándar de consumo de un material se deben realizar los siguientes pasos:

- ✓ Cronometrar el tiempo de consumo del material estudiado como mínimo 10 veces, bajo las mismas condiciones de trabajo y condiciones normales de funcionamiento de los equipos.
- ✓ Descartar muestras que varíen más de 40 % del tiempo más repetido (moda).
- ✓ Obtener el promedio aritmético de las mediciones, dividiendo la suma de todos los tiempos cronometrados dentro el número de mediciones.

Teniendo el tiempo promedio de consumo para el material, se debe establecer el tiempo promedio de consumo en un temporizador con una alarma auditiva y visual este nos indicará cuando haya transcurrido el tiempo de consumo del material.

Con una aplicación de temporizador múltiple el operador del equipo puede programar todos los consumos de los materiales de los cuales está a cargo, realizando estos procedimientos se podrán evitar los faltantes de material.

Teniendo siempre abastecido el equipo con todos los materiales necesarios se podrán evitar los paros no programados de los equipos y de la línea en general por falta de materia prima.

3.7.1. Reporte de fallas durante los turnos de producción

Proveer de información precisa y pronta de las fallas dentro de la línea de producción, y el departamento de mantenimiento mejorará el tiempo de respuesta ante fallas o irregularidades.

Se propone una comunicación directa entre operario y personal de mantenimiento con la cual se deje validado el reporte de anomalías en el momento que se generó, esto con el fin de recibir una pronta respuesta por parte del departamento de mantenimiento de las posibles fallas y remplazo de piezas.

Formato propuesto para el reporte de anomalías a departamento de manteniendo a continuación.

Tabla XIII. **Formato propuesto para reporte de fallas**

Reporte de fallas durante turno de producción											
Linea				Equipo							
Turno				Hora y fecha							
Descripción de la anomalía											
¿Quién reporto?											
¿Quién reparo?											
Tipo de reparación:											
Tiempo de reparación											
Recurrencia:	Alta	Media	Baja	Mecanica						Electrica	Sistema
¿Porque se detecto?											
Efectos de la falla											
Causa o posible causa de falla											
Acciones correctivas											
Posibles piezas a remplazar y remplazadas											
Lubricante, combustible, refrigerante u liquido usado											

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Implementación de inspector de equipos y maquinaria

Para asegurar el buen funcionamiento de la línea de llenado, se debe tener un control de los equipos y máquinas que componen la línea de llenado.

Se propone tener un inspector de equipos y maquinarias que esté encargado de verificar que estas estén funcionando en óptimas condiciones, y si existe alguna anomalía utilizar el formato para reporte de fallas descrito en el punto 3.7.2. Y con esto proveer un respaldo a la línea de producción, que los equipos se encontrarán en condiciones óptimas de funcionamiento, y en caso de tener anomalías tener una pronta respuesta.

3.8. Reducir el tiempo de los paros programados

Los paros programados conllevan tareas que no pueden evitar ser realizados de forma alguna dentro de la línea de llenado, ya que muchos de estos paros son los que garantizan las políticas de calidad e inocuidad; por ello es técnicamente imposible evitarlos, pero sí puede mejorar y optimizar sus procedimientos y con ello reducir los tiempos de los paros programados.

Este conjunto de mejoras y cambios en la forma de operar dentro de línea de llenado, harán un cambio notorio en los resultados de la producción. Como se denota en el anexo 6. Se propone enfocarse en los siguientes puntos.

3.8.1. Optimización de los procedimientos

“Algo no puede mejorarse u optimizarse si no se mide”³ indica Ibarzábal citando una frase de William Thomson Kelvin. La optimización de los procesos

³ IBARZÁBAL, Eugenio. *La pasión de mejorar*. p. 79

se propuso en el punto 3.4. Aumento del volumen de las corridas de producción y en el 3.6 sincronización y optimización de las operaciones dentro de las horas de producción, de este documento.

3.8.2. Mejora de las rutas de transportes de producto y materia prima

Con el fin de evitar paros no programados dentro de la línea debido a falta de materia prima en los equipos o por acumulación de producto terminado, se propone coordinar los cambios de turno de los conductores de montacargas y tiempos de descanso y almuerzo, a fin de evitar tiempos muertos para los montacargas, a causa de falta de conductores.

Crear tiempos para la realización de trasportes, cargas, descargas, estibaje y carga a contenedores y proyectar la cantidad de tareas que se realizarán en el turno, para tener mejor control del uso del tiempo durante los turnos de producción.

Dar un programa completo con todas las actividades que deben realizarse durante el turno para evitar tiempos de ocio de los operarios, mantener los montacargas apagados cuando no se estén utilizando y evitar acelerar rápidamente para reducir el consumo de combustible.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Intervención a planta de producción

La implementación de la propuesta se realizará en la planta de producción ubicada en la Calzada Raúl Aguilar Batres, departamento de Guatemala.

4.1.1. Área de producción

Área de la planta de producción que se dedica al llenado empaquetado y embalaje de las bebidas.

4.1.1.1. Línea de llenado PET

Se encarga del llenado, etiquetado y empaquetado de las bebidas en envase de plástico PET.

4.2. Inducción al personal sobre el uso de los procedimientos

Con el fin de adaptar a los operadores de los equipos a los nuevos procedimientos de la línea de llenado, se les dará lineamientos básicos para que puedan entender e interpretar adecuadamente, las actividades de los procedimientos y el correcto uso de sus herramientas mecánicas y tecnológicas.

Para ello se dará continuación a la (Ejecución) del PDCA propuesto en el punto 3.2; pero no solo realizar el procedimiento garantiza evitar los paros. Estandarizar la realización de los mismos para obtener siempre la misma calidad

en el llenado de bebidas, prestando especial atención a las tareas críticas resaltadas en amarillo las cuales van a ser decisivas en los resultados.

4.2.1. Definiciones básicas

Dar a conocer los conceptos básicos, unidades de medidas e instrumentos utilizados en la línea de llenado; para que al momento de la puesta en marcha de los procedimientos no exista ambigüedad en la realización de las tareas.

4.2.2. Conocimiento de la nomenclatura y simbología

Para poder concordar en la realización de las actividades con los procedimientos descritos es necesario tener claro: las unidades de medida, la simbología mecánica, la simbología eléctrica y la simbología neumática utilizada en los manuales de mantenimiento; así como la forma correcta de nombrar las partes, instrumentos y accesorios de los equipos por parte del personal de la bodega de repuestos, mecánicos y operarios. Con el fin de estandarizar nombres de equipos y sus accesorios por el personal, evitando confusiones y errores.

4.2.3. Áreas responsables

Entre los responsables de la correcta realización de las actividades están: gerencia de producción y jefes de línea de llenado, quienes tienen la responsabilidad de gestionar y velar por el cumplimiento de las capacitaciones.

4.2.3.1. Gerencia de producción

El jefe de producción es el encargado de autorizar la realización de las capacitaciones que sean necesarias.

4.3. Capacitación para la diferenciación de tipos de paros

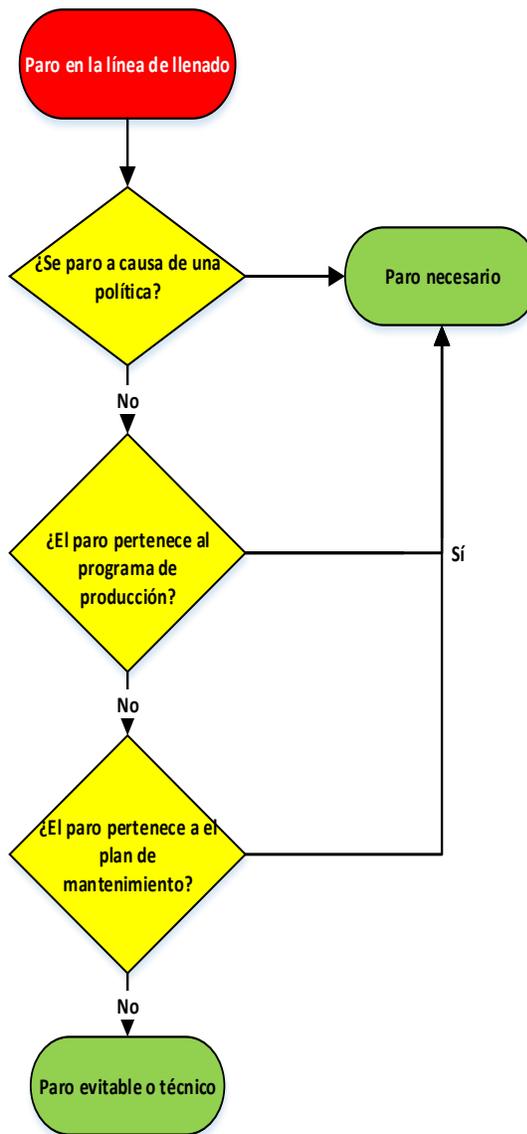
Capacitar a todo el personal operativo de la línea de llenado sobre los procedimientos que se implementarán, para que puedan conocer la nueva división de paros y sus bases para identificarlos.

4.3.1. Identificación de un paro necesario

Se identificará un paro como necesario cuando este no tenga forma alguna de ser eliminado o evitado. Para poder identificar un paro de necesario dentro de la línea de llenado se debe preguntar lo siguiente:

Figura 14. Pasos para identificar un paro necesario

Diagrama de flujo de paro necesario			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



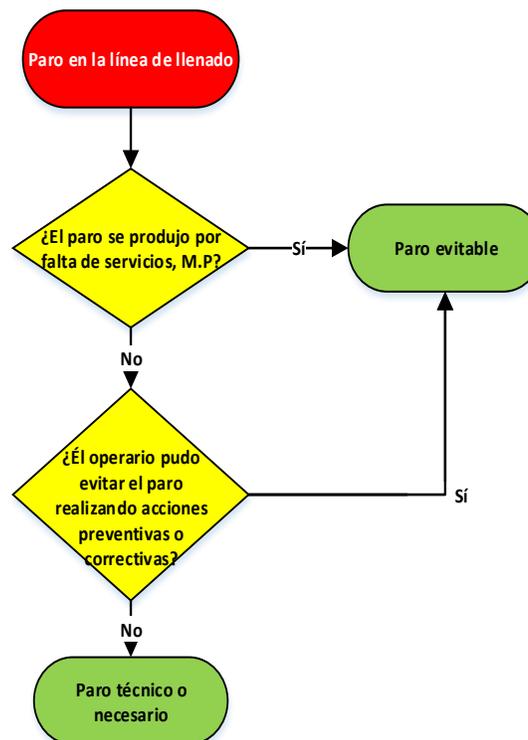
Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Identificación de un paro evitable

Se define como un paro que se pudo anticipar, evitar o disminuir su tiempo, gracias al operario de la línea. Se puede identificar realizándose las siguientes preguntas:

Figura 15. Diagrama de flujo para un paro evitable

Diagrama de flujo de paro evitable			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



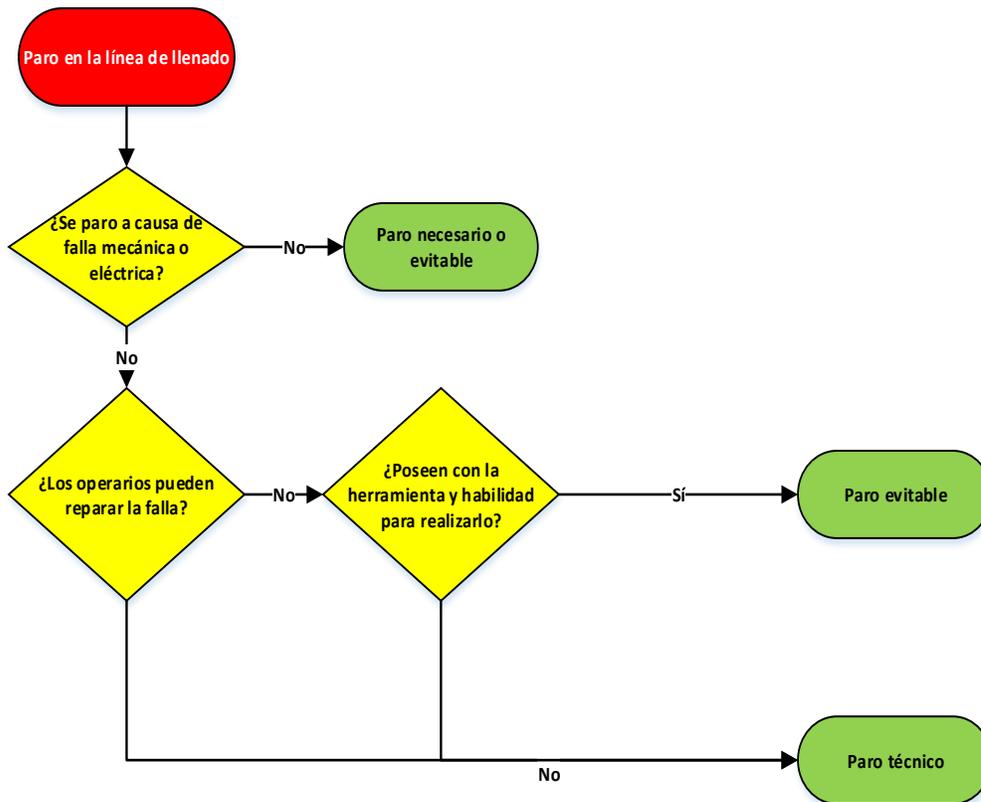
Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Identificación de un paro técnico

Los paros clasificados como técnicos están relacionados al mantenimiento, estos pueden ser planificados o no planificados, por lo que, para poder identificarlos se debe realizar las siguientes preguntas:

Figura 16. Diagrama de flujo para un paro técnico

Diagrama de flujo de paro técnico			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



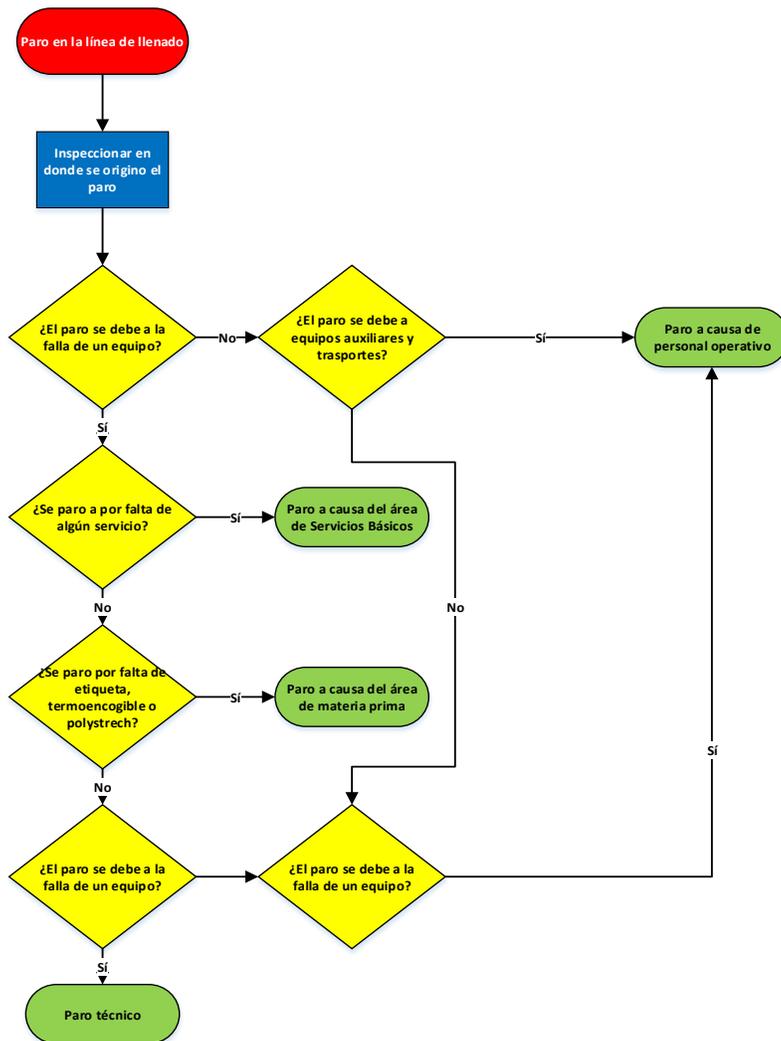
Fuente: elaboración propia.

4.3.4. Conocimiento de las causas de los paros

Para poder identificar y clasificar los paros de producción, primero se debe conocer la causa del mismo y quién es el departamento responsable.

Figura 17. Diagrama de flujo de conocimiento de causas

Diagrama de flujo de causas de paro			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



Fuente: elaboración propia.

4.4. Preparación para el aumento de volumen de corrida

Deben realizarse las modificaciones necesarias dentro de la línea de llenado para que se pueda aumentar el volumen de producción en cada corrida.

Tener una cantidad mayor de envase del que se tiene disponible para abastecer la línea de llenado, dado que la velocidad de producción de envase es menor a la velocidad de llenado de bebidas, lo cual puede causar en determinado momento, que en la corrida de llenado la línea se quede desabastecida de envase. Para ello, se debe calcular el volumen de envase disponible como *stock* mínimo.

4.4.1. Continuidad del proceso

El proceso de producción tiene que mantenerse de forma continua, el abastecimiento de envase no debe faltar en ningún momento de la corrida, por lo que, se calculan los tiempos de producción de la línea de llenado y la línea de soplado de envase, y los tiempos entre cada corrida para garantizar la continuidad del proceso de llenado.

- El proceso de preparación de las líneas y puesta a punto, conlleva un tiempo en el que no se tiene producción, pero se considera como tiempo efectivo de producción, para determinar el tiempo de soplado de envase se realiza lo siguiente: tiempo de llenado y tiempo total de la corrida. A continuación, con un ejemplo práctico.

- Conocer el volumen total de la corrida de llenado.
Volumen total: 15 000,00 cajas.
- Conocer la velocidad de soplado del envase que se utilizará.
Velocidad de soplado de botella 8 onzas: 750 cajas por hora.
- Dividir el volumen total de la corrida entre la velocidad de soplado, con esto se obtendrá el tiempo de producción de envase.

$$\text{Tiempo de soplado} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Velocidad de llenado}}$$

$$\text{Tiempo de soplado} = \frac{15\,000 \text{ cajas}}{750 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}}} = 20 \text{ horas}$$

- A este tiempo se le debe sumar el tiempo de preparación y puesta punto, para tener el tiempo total de la corrida de soplado.

Para fines del ejemplo el tiempo de carga y puesta a punto es de 45 minutos o 0,75 horas.

Tiempo total de soplado = 20 + 0,75 = 20,5 horas

- A continuación, se realizan los mismos pasos para la línea de llenado.
 - Conocer la velocidad de llenado de la bebida que se llenará.

Velocidad de llenado para bebida 8 onza: 1 000 cajas por hora.

- Dividir el volumen total entre la velocidad de llenado, así se obtendrá el tiempo de llenado.

$$\text{Tiempo de llenado} = \frac{15\,000 \text{cajas}}{1\,000 \frac{\text{cajas}}{\text{hora}}} = 15 \text{ horas}$$

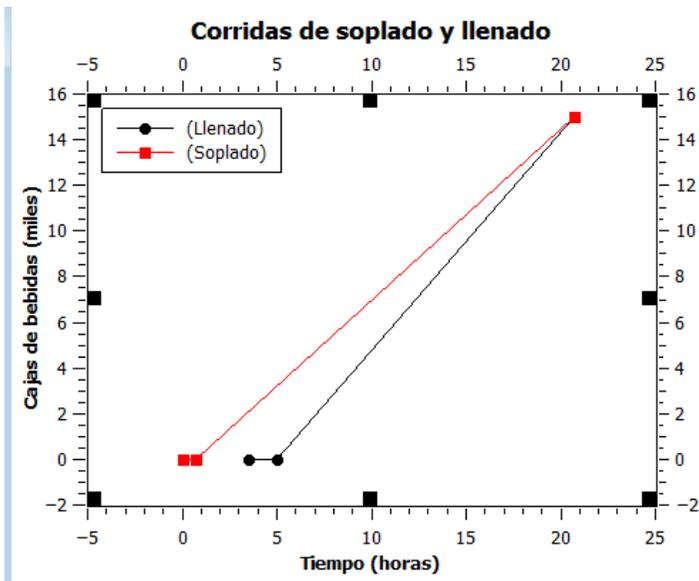
- A este tiempo se le suma el tiempo de preparación y puesta a punto, obteniendo así el tiempo total de llenado de la línea.

Tiempo de carga y puesta a punto 1,5 horas.

Tiempo total= 15 + 1,5 = 16,5 horas

- Posterior a conocer estos datos, se deben sincronizar las dos corridas para que no falte envase durante la corrida de producción; pero que tampoco exista un volumen muy grande de envase almacenado en los silos.
- Con la ayuda de un plano cartesiano se grafican las corridas de producción, con el fin de que las dos corridas terminen al mismo tiempo.

Figura 18. Descripción gráfica de soplado y llenado



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Qtiplot.

4.4.2. Adaptación de los operarios

Todos los operarios de la línea de llenado deben prestar atención a las variaciones en los parámetros para poder dar una rápida y efectiva corrección a los mismos, con el fin de que no salgan de su rango de aceptación, evitando que se realice un paro para su corrección. Adicional a esto, se capacita al personal para tener control sobre otros factores que se manejan en las corridas de gran volumen, tales como: el abastecimiento de materia prima a la línea, transporte, espacio en la bodega de producto terminado y acabado de empaque terciario.

4.4.3. Confiabilidad del flujo de producción

Mantener una tasa de producción constante dentro de la línea de llenado, ofrecer un alto grado de confiabilidad y certeza del tiempo de corrida, esta confiabilidad se obtendrá por un proceso continuo, por operarios capacitados física y mentalmente.

El grado de confiabilidad se obtendrá con el porcentaje de cumplimiento del tiempo de producción real, comparado con el tiempo de producción teórico programado, es decir, el grado de confiabilidad de la línea es el porcentaje de eficiencia de la línea de soplado y llenado. Este se obtiene de la siguiente forma:

- Como ejemplo demostrativo se tienen los siguientes datos.
 - Tiempo real total de soplado: 22 horas
 - Tiempo programado de soplado: 20,75 horas

La confiabilidad se obtiene dividiendo el tiempo real de llenado dentro del tiempo programado de llenado.

$$\% \text{ de confiabilidad de flujo de produccion} = \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{tiempo de produccion}} * 100$$

$$\% \text{ de confiabilidad de flujo de produccion} = \frac{20,75}{22} * 100 = 94,3 \%$$

El porcentaje de confiabilidad del flujo de producción es del 94,3 %, con base en el historial de la línea de soplado se compensa el 5,7 % de margen de confiabilidad. Anticipando el tiempo de la corrida de 5,7 %, de las 20,75 que son 1,18 horas. Es decir, se debe empezar la corrida 1,18 horas antes de lo

programado para mantener abastecida a la línea de llenado de envase y así eliminar los paros por falta de envase.

4.5. Capacitación sobre mantenimiento proactivo

El personal de mantenimiento debe comprender las tareas que conllevan un mantenimiento proactivo y sus beneficios, es por ello que los mecánicos y operarios deben ser capacitados conjuntamente, ya que el mantenimiento se realiza de forma colectiva para tener un mejor resultado.

4.5.1. Diferencia entre los tipos de mantenimiento

Un mantenimiento proactivo es una combinación de los tres mantenimientos básicos, entre los cuales se tiene el preventivo, el correctivo y el predictivo. Los mantenimientos se pueden identificar y diferenciar de la siguiente forma.

Tabla XIV. Diferencias entre los tipos de mantenimientos

Preventivo	Correctivo	Predictivo
Se realiza antes de tener algún tipo de falla	Se realiza para corregir una falla ya existente.	detecta falla pronta a suceder.
Evita falla	Corrige falla	Predice el momento aproximado en el que la falla se presentará.
Este se programa antes de realizarse	No es programado	Este es programado antes de realizarse.
En él se realizan actividades como: calibración, lubricación, ajustes.	En él se corrige fallas, reemplaza pieza o parte dañada del equipo o sistema.	Analiza condiciones, realiza pruebas y mediciones.

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Historial de mantenimiento de los equipos

El personal encargado del mantenimiento de los equipos debe tener conocimiento de cuáles son los mantenimientos más comunes y recurrentes dentro de los equipos; para saber cuáles son las acciones correctivas necesarias para la puesta a punto del equipo de forma rápida y precisa.

Con el historial de los mantenimientos se puede obtener la información necesaria tales como:

- Procedimientos de puesta a punto correspondiente a la falla recurrente.
- Herramientas necesarias para el mantenimiento.
- Repuestos a cambiar.
- Lubricantes o combustibles a necesitar.

A continuación, se tiene una fracción de los paros registrados durante julio de 2017 dentro de la línea de llenado, se ejemplificará como obtener y utilizar la información.

Tabla XV. **Paros mecánicos dentro de la línea de llenado**

Tipo de paro	Equipo	Causa de paro
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste altura cilindro No. 15
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste altura cilindro No. 57
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste altura cilindro No. 58
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste altura cilindro No. 83 y 84
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste altura cilindro No. 84
Paro mecanic	Paletizadora	ajuste de cilindro de pinza genesis
Paro mecanic	Empaquetadora	Ajuste de empaquetado
Paro mecanic	Etiquetadora	Ajuste de encolador de etiqueta
Paro mecanic	Enjuagador (rinser)	Ajuste de estrella del rinser
Paro mecanic	Etiquetadora	Ajuste de etiquetado
Paro mecanic	Paletizadora	Ajuste de formado de paquete
Paro mecanic	Transp. Botell. Llenas	Ajuste de guias salida de selladora
Paro mecanic	Enjuagador (rinser)	Ajuste de leva grippers
Paro mecanic	Etiquetadora	Ajuste de manejos
Paro mecanic	Posicionador Envase	Ajuste de maquina
Paro mecanic	Etiquetadora	Ajuste de parametros
Paro mecanic	Enjuagador (rinser)	Ajuste de pinza entrada rinser
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste de pinzas
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste de pinzas
Paro mecanic	Llenadora	Ajuste de pinzas en estrella

Fuente: elaboración propia.

Las causas resaltadas en amarillo representan el 20 % del total de causas, pero representan el 80 % de los paros siguiendo la regla de Pareto.

Estas causas se atienden con la misma herramienta, siguiendo el mismo procedimiento, repuestos y lubricante; por lo que, es importante priorizar la atención ante estos paros. Rotación de repuestos para ellos, la mejora del método del procedimiento y las óptimas condiciones de las herramientas utilizadas para ello.

En el punto 4.7.1 se dará un ejemplo de forma más detallada cómo utilizar la regla de Pareto para este caso expuesto.

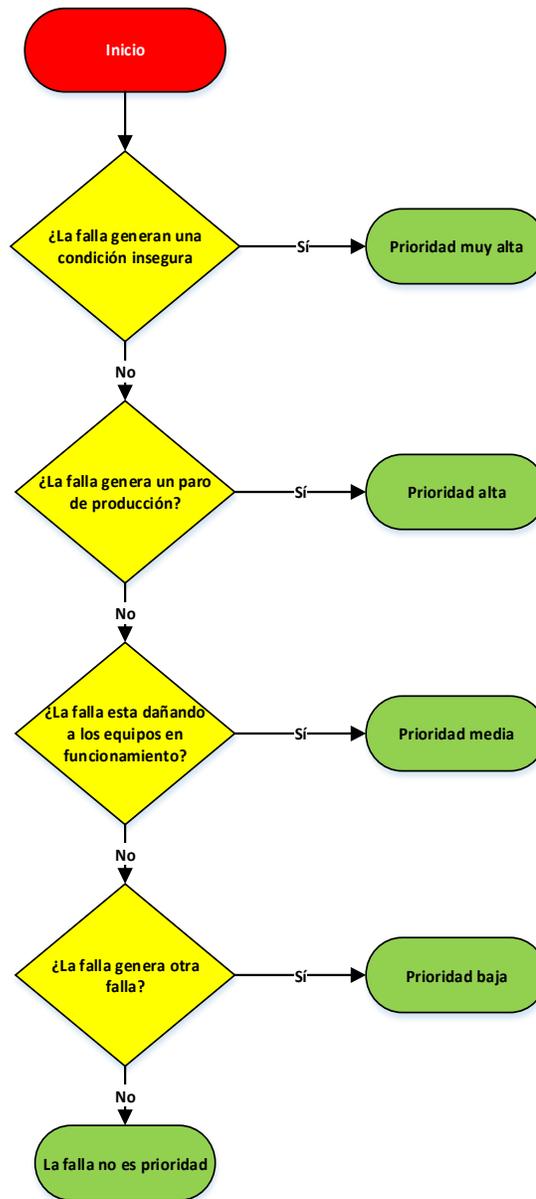
4.5.3. Priorizar los mantenimientos según necesidad

Para implementar el mantenimiento proactivo, es importante tener la información concreta de lo que es prioridad y lo que puede ponerse en segundo plano, con esta información se podrá tomar las decisiones de manera precisa y rápida con base en la jerarquía de prioridades del funcionamiento de los equipos.

Para poder identificar los mantenimientos que son prioridad ante otros que pueden quedar posteriormente a terminar. A continuación, una serie de pasos a seguir para poder priorizar.

Figura 19. Diagrama de flujo para priorizar mantenimientos

Diagrama de flujo para priorizar mantenimientos			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



Fuente: elaboración propia.

4.5.4. Realización de mantenimientos en el tiempo adecuado

Para poder realizar los mantenimientos en el momento más conveniente, los mecánicos deben conocer el tiempo de vida útil de los repuestos y llevar el control de las fechas de instalación.

Se debe medir y archivar el tiempo de vida de forma ordenada y clasificada para poder crear un tiempo promedio de los mantenimientos.

En el periodo de incertidumbre una falla puede presentarse en cualquier momento. Ver anexo 2.

A fin de disminuir este periodo de incertidumbre se utiliza el cambio de los repuestos al cumplir las horas de vida útil recomendadas por el fabricante. De esta manera se disminuye el periodo de incertidumbre. Ver anexo 3.

4.6. Determinación de operaciones críticas durante las corridas de producción

Para determinar estas operaciones se debe conocer el proceso completo que realiza la línea de llenado y cada procedimiento de los equipos de los mismos, para poder identificar de forma precisa los momentos y lugares donde se generan estas operaciones críticas. Para luego, resaltarlas dentro de los procedimientos escritos, como está definido en la puesta a punto del cambio de presentación en la llenadora. Ver apéndice 2.

4.6.1. Manejo de equipos

Durante las corridas de llenado, el manejo de los equipos es crítico desde el punto de vista de la velocidad de producción y mantenimiento, por lo que un buen manejo de los equipos tiene un impacto sensible dentro de la producción y los mantenimientos, no exceder el 100 % de la velocidad de producción para evitar acortar la vida útil de los equipos y aumentar la cantidad mantenimientos. Identificar sonidos fuera de lo común en los equipos y una falla muy recurrente.

4.6.2. Operaciones vinculadas

Las operaciones vinculadas son críticas durante el llenado de bebidas, dado que, si la secuencia y velocidad de las operaciones no son las adecuadas, el proceso se detiene, para ello todas las operaciones deben ser más rápidas que el equipo más lento a su máxima capacidad.

4.6.3. Toma de decisiones

Se debe capacitar al personal para la toma de decisiones en actividades cotidianas y críticas dentro del proceso de producción y mantenimiento.

En el punto 3.6.3, se propone un modelo racional de toma de decisiones; para dar a conocer, entender y poner en práctica al momento de enfrentarse a una situación en la cual se deba de utilizar el criterio propio.

4.6.4. Cambio de turno

Para la implementación del cambio de turno se deben realizar pruebas piloto con algunos operadores auxiliares de la línea de llenado, con el fin de dar el

ejemplo a todos los operadores de la línea y mejorar el procedimiento de cambio de turno.

4.7. Determinación de los paros de mayor incidencia

Existen múltiples herramientas para poder delimitar las causas raíz de un problema, a continuación, se presentan las utilizadas para determinar los paros de mayor incidencia.

4.7.1. Análisis por gráfico de Pareto

Con base en el historial de paros de la línea se ordena y determina los motivos que generan mayor cantidad de paros, identificando estas causas se podrá proceder a resolver la alta incidencia de paros.

A continuación, se presenta cómo realizar el gráfico y análisis con un ejemplo representativo.

- Seleccionar conjunto de datos a utilizar y su periodo de tiempo: se utilizará el historial de paros del año 2017 de la línea de llenado.
- Dividir los paros en categorías: los paros de la línea serán divididos por equipos (etiquetadora, llenadora, empaquetadora, paletizadora).
- Tabular los datos de forma descendente y calcular la frecuencia absoluta, absoluta acumulada, porcentaje relativo y porcentaje relativo acumulado.

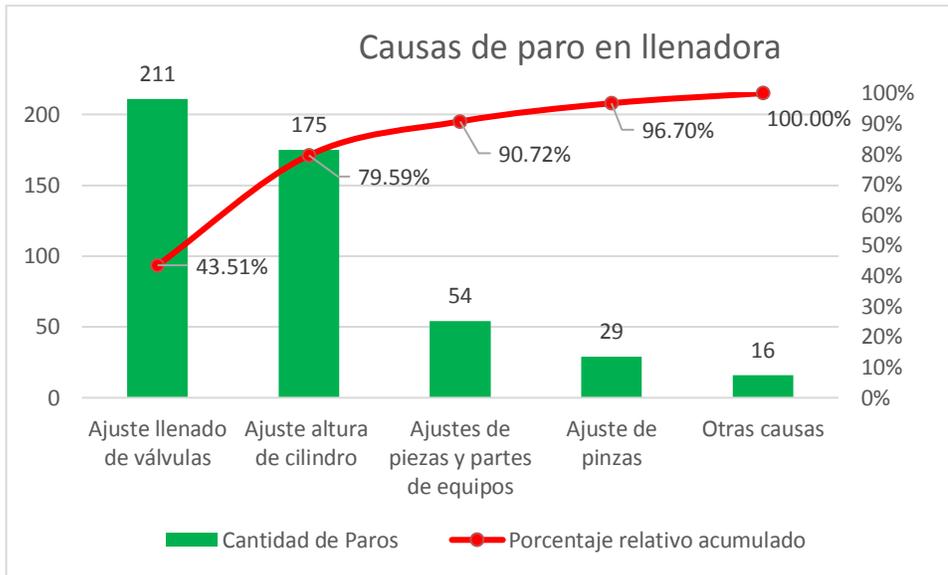
Tabla XVI. **Paros por equipo de la línea de llenado**

Número	Equipo	Frecuencia absoluta	Frecuencia absoluta acumulada	Porcentaje relativo	Porcentaje relativo acumulado
1	Llenadora	485	485	56,53 %	56,5 %
2	Etiquetadora	186	671	21,68 %	78,2 %
3	Transporte aéreo	68	739	7,93 %	86,1 %
4	Empacadora	63	802	7,34 %	93,5 %
5	Transporte en lleno	28	830	3,26 %	96,7 %
6	Paletizadora	28	858	3,26%	100,0 %

Fuente: elaboración propia.

- Luego de tener los datos ordenados y los porcentajes relativos acumulados de los paros, se tiene un 78,2 % de paros entre el llenado y la etiquetadora. De acuerdo a la regla de Pareto estos paros se dan por el 20 % del total de las causas.

Figura 20. **Gráfico de Pareto de paros de producción**



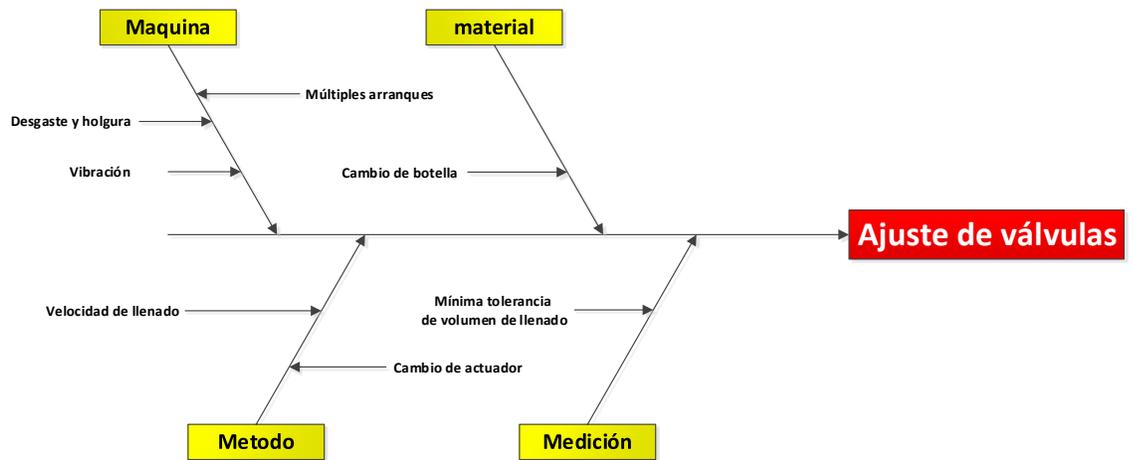
Fuente: elaboración propia.

- Luego de la realización del gráfico se procede a la parte más importante, el análisis para la toma de decisiones.
- Como se observa claramente en el gráfico cerca del 80 % de los paros se deben a la causa número uno y número dos (ajuste de llenado de válvulas y ajuste de llenado de cilindro) y representan solo el 12 % del total de las causas.
- En conclusión, los paros de mayor incidencia con el 80 % en llenadora se deben a solo un 12 % del total de las causas de paro.

4.7.2. **Obtención de las causas raíz por diagrama Ishikawa**

Luego de realizar el análisis por gráfico de Pareto en el inciso anterior, se procede a identificar cuáles son las causas raíz de los paros, por medio de un diagrama de Ishikawa.

Figura 21. Diagrama de Ishikawa sobre causas de paro en llenadora



Fuente: elaboración propia.

El análisis por diagrama Ishikawa para las causas raíz de los paros por ajuste de cilindro se encuentra en el anexo 4.

Luego, se tiene el ejemplo de cómo realizar el diagrama de Ishikawa para la etiquetadora y determinar el 20 % de las causas que genera el 80 % de los paros.

A continuación, se tiene la cantidad de paros por distintas causas en la etiquetadora.

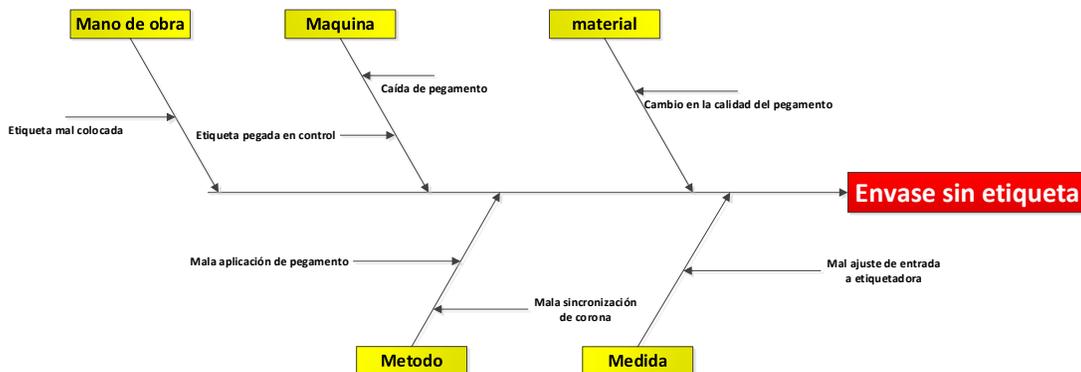
Tabla XVII. **Número de paros y sus causas**

No.	Causa de paro en etiquetadora	Número de paros	Porcentaje de recurrencia
1	Envase sin etiqueta	72	38,71 %
2	Envase mal posicionado	52	27,96 %
3	Limpieza de cilindros	32	17,20 %
4	Envase trabado	22	11,83 %
5	Otras causas	8	4,30 %
Total		186	100 %

Fuente: elaboración propia.

Las primeras dos causas de paros representan al 66,66 % del total, todas las causas restantes solo representan el 33,33 % de los paros. Con base en estos resultados se procede a realizar el diagrama de Ishikawa con esas 2 causas.

Figura 22. **Diagrama de Ishikawa de causas de paro en etiquetadora**



Fuente: elaboración propia.

El análisis por diagrama de Ishikawa para el envase mal posicionado es la segunda causa de paro en etiquetadora, esta se encuentra en el anexo 5.

Conociendo estas causas raíz de los paros por envase mal posicionado, se procede a tomar acciones correctivas por medio de un plan de acción (PDA) para poder evitar los paros en la etiquetadora de envases.

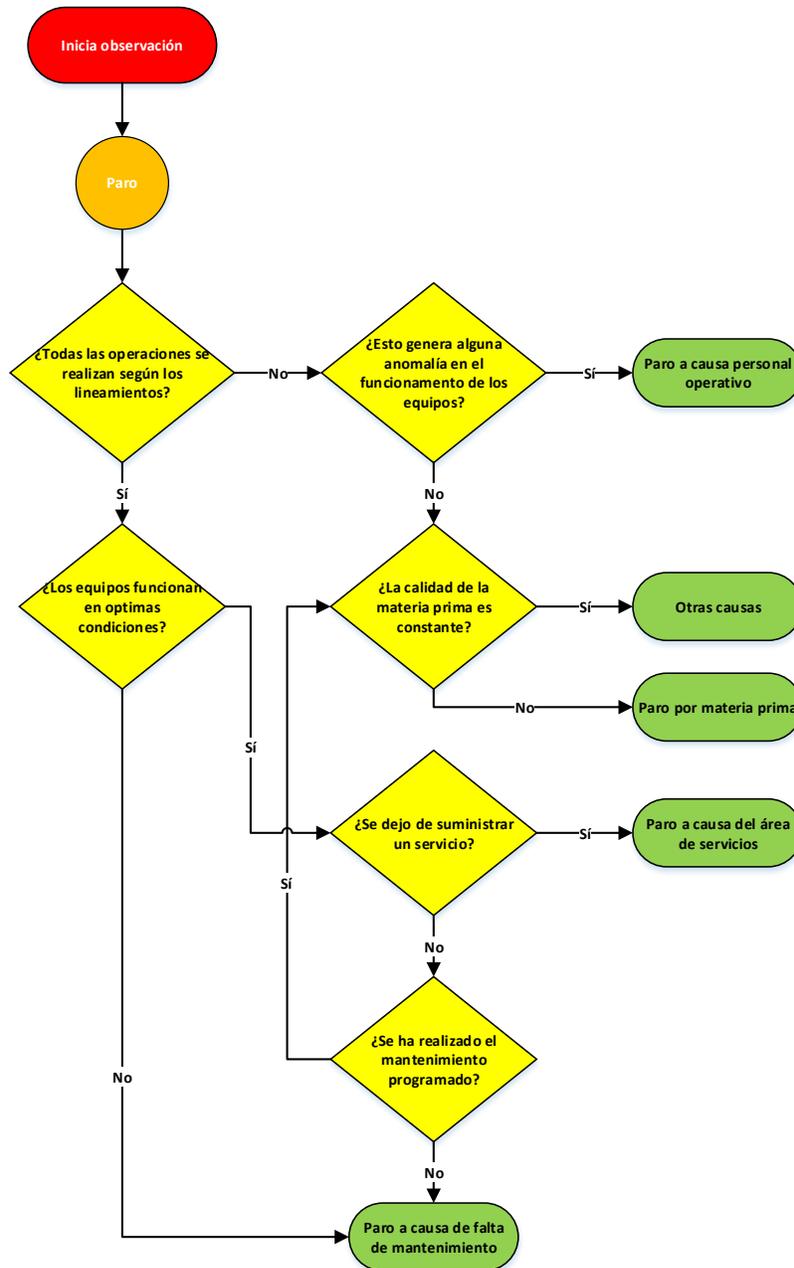
4.8. Observación de los procedimientos

Al tener identificadas las causas de los paros más recurrentes durante las horas de producción; se debe analizar los procedimientos que generan los paros y hacer un plan de acción para evitarlos o reducirlos.

A continuación, se tiene un diagrama de flujo para realizar el proceso de observación de los procedimientos que causan paros dentro de la línea de llenado.

Figura 23. Diagrama de flujo para observación de procedimientos

Diagrama de flujo de observación de procedimientos			
Nombre de la Empresa	Bebidas Carbonatadas S.A	No de hoja	1 de 1
Departamento	Producción	Fecha	Noviembre de 2017
Área	Línea de llenado PET	Revisado por	Hugo Rivera
Analista	Kevin Cruz	Método	Propuesto



Fuente: elaboración propia.

4.8.1. Capacitación a personal nuevo

Para poder implementar la propuesta y que esta funcione óptimamente, es necesario que se capacite al nuevo personal dentro de la línea de llenado; sobre las políticas y procedimientos.

Un plan de capacitación luego de la inducción hacia la planta, con charlas y pruebas escritas que den al nuevo colaborador una formación adecuada y adaptada a las políticas de la empresa.

Con estas herramientas el nuevo operario tendrá la capacidad de realizar una observación más crítica de los procesos dentro de la línea de llenado.

4.8.2. Herramienta y equipo adecuado para las operaciones

Se debe corroborar que las operaciones de cada proceso se realicen con las herramientas e instrumentación adecuada.

4.8.3. Cumplir obligatoriamente con los procedimientos básicos

Comprobar de forma escrita que se cumplen los procedimientos básicos según los lineamientos, esto se realiza con la ayuda de una lista de verificación para obtener la información de forma ordenada y clara; en apéndice 4 se presenta un formato de lista de verificación propuesto para validar procedimientos, tareas o paso de las mismas, según se necesite.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Resultados obtenidos

Los resultados del porcentaje de eficiencia remunerada obtenidos luego de la implementación de la propuesta, deben ser tabulados y ordenados de la forma conveniente para su análisis y comparación con los datos ya almacenados en el historial de la línea de llenado.

5.1.1. Interpretación

Para poder interpretar los datos obtenidos de la implementación de la propuesta y mejora de la eficiencia remunerada de la línea; se compararán con los datos historiales almacenados de la línea de llenado antes de la implementación. Siguiendo la línea del PDCA que se trató en el capítulo 3 y 4 con la P y D, para proseguir en este con C y la A.

La C corresponde a cómo están mis resultados, cómo se comparan con las metas planteadas.

De esta comparación se obtendrá un índice de cambio el cual nos indicará la magnitud de la variación de los acumulados mensuales de la eficiencia remunerada del periodo anterior a la implementación, en comparación con el periodo posterior al cambio.

- Ejemplo práctico para la obtención del índice de cambio.

A continuación, se presenta una tabla con los acumulados mensuales de eficiencia remunerada de la línea de llenado de botellas PET del año 2017 y de los acumulados mensuales de la eficiencia remunerada esperados después de la implementación de la propuesta.

Tabla XVIII. **Historial de eficiencia remunerada**

Acumulados mensuales de eficiencia remunerada		
Mes	Antes de la implementación	Esperada después de la implementación
Enero	42,82 %	42,82 %
Febrero	50,05 %	45,50 %
Marzo	52,51 %	47,25 %
Abril	48,80 %	49,50 %
Mayo	51,89 %	51,75 %
Junio	49,88 %	52,00 %
Julio	52,59 %	52,25 %
Agosto	46,67 %	52,50 %
Septiembre	50,75 %	53,00 %
Octubre	59,37 %	53,00 %
Noviembre	59,07 %	53,00 %
Diciembre	45,56 %	53,00 %
Promedio	50,16 %	50,46 %
Meta actual	51,44 %	51,44 %
Meta propuesta	53,00 %	53,00 %

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Indice de cambio} = \frac{\text{Promedio de eficiencia posterior}}{\text{Promedio de eficiencia anterior}}$$

$$\text{Indice de cambio} = \frac{50,46 \%}{50,16 \%}$$

$$\text{Indice de cambio} = 1,006$$

Si este índice resultante tiene un coeficiente igual o cercano a uno, esto indica que no se tuvo una mejora ni detrimento o este es mínimo. Por lo que, la propuesta no tendrá mayores beneficios para la línea de llenado.

Los coeficientes mayores a la unidad representan una mejora, cuanto más distante se encuentre el índice del uno en la recta numérica positiva, indica que mayor es la mejora obtenida con la implementación de la propuesta.

Los coeficientes menores a uno indican que la implementación de la propuesta generó un detrimento en la eficiencia remunerada de la línea de llenado de bebidas en envase PET, en este caso se debe analizar si el personal se opuso al cambio o si la propuesta no fue implementada correctamente.

5.1.2. Aplicación

Para dar continuidad a la propuesta se debió lograr en los primeros meses, un acumulado mensual de eficiencia remunerada mayor al actual, más cercano o igual a los indicadores de la línea.

Esto indicará que se está teniendo una mejora en la eficiencia de la línea de llenado, y que es viable y factible para la línea de llenado la implementación de la propuesta de mejora.

5.2. Ventajas y beneficios

Se obtendrán ventajas y beneficios por la implementación de la propuesta de mejora en la línea de llenado; comparando campos y datos de corridas de producción con el mismo envase, sabor y presentación. Para no dar ventaja o desventaja a alguna de las partes puestas en comparación.

5.2.1. Reducción de costos de producción

Al reducir la cantidad de paros se logrará terminar la producción en menor tiempo, que a mediano y largo plazo se convierte en reducción de costos de producción fijos y variables. Para poder cuantificar la reducción se evaluarán los costos actuales de los servicios, mano de obra directa e indirecta, tiempo de producción ordinario y extraordinario, y comparar con los costos obtenidos después de la implementación. Estos últimos deben ser menores a los costos antes de la implementación para obtener un resultado de beneficio.

5.2.2. Reducción de tiempo de producción

Con la reducción de los paros dentro de la línea de llenado, el tiempo de las corridas de producción se verá disminuido en comparación con el tiempo promedio de las corridas, antes de la implementación de la propuesta de mejora.

Para darle seguimiento a esta mejora y corroborar que efectivamente se genera una mejora, se comparará el tiempo promedio de las corridas antes de la implementación con el tiempo promedio de las corridas con la implementación, con esto se obtendrá una diferencia significativa del 15 % al 20 % de reducción del tiempo de las corridas.

5.2.3. Paros no programados disminuidos

Esta es la base del trabajo de graduación para aumentar la eficiencia remunerada, que es el punto más importante a mejorar con la propuesta.

Esta mejora se puede comprobar con una sumatoria de los paros totales de dentro de las corridas de producción, para luego compararlos con el historial de paros de las corridas anteriores a la implementación de la propuesta.

5.2.4. Aumento en los volúmenes de producción

Las corridas de producción aumentarán el volumen de producto llenado y también el tiempo de la corrida, esto hará que el tiempo de preparación y puesta a punto de la línea de llenado no tenga mayor influencia en la eficiencia remunerada de la corrida, dando de esta forma un mejor resultado en los acumulados mensuales de eficiencia remunerada.

5.3. Acciones correctivas

La A del PDCA, corresponde a las acciones correctivas y los medios para mantener y mejorar los resultados.

Si la propuesta presenta resultados negativos en la línea de llenado, se toman acciones correctivas necesarias para eliminar los cambios realizados o hacer modificaciones para poder cambiar los resultados obtenidos no deseados.

5.3.1. Procedimientos correctos de montaje y mantenimiento

Para poder evaluar si los procedimientos de montaje y mantenimiento son los correctos y generan efectos positivos en la línea de llenado y en el departamento de mantenimiento, se comparará el historial de número de mantenimientos diarios, semanales y mensuales, con la cantidad posterior a la implementación de la propuesta. Estos deben tener una disminución no menor del 17 % con respecto a los anteriores.

5.4. Auditorías

Para poder tener el control y seguimiento de la línea de llenado es necesario realizar auditorías dentro de la misma, realizadas por el personal de la planta de producción y personal del exterior.

5.4.1. Internas

La realización de auditorías internas serán claves para la evaluación y control de las mejoras que la nueva forma de operar y administrar proveerá; estas auditorías darán el dato preciso del porcentaje de aumento de la eficiencia dentro de la línea de llenado y de la planta de producción en general, indicarán aspectos a mejorar y que requirieren de mayor control y observación. Se recomienda realizar las auditorías internas trimestralmente.

5.4.2. Externas

Estas auditorías darán una visión más generalizada y amplia de la forma de procesar los recursos financieros, materiales y el aprovechamiento de los mismos; si se tiene una buena base de planeación y control de evaluación y las evidencias tangibles de que estos se cumplen de forma correcta. Se recomienda realizar las auditorías externas semestralmente.

5.5. Autoevaluaciones

Para mantener la mejora continua, el personal debe evaluarse a sí mismo y a sus compañeros, tratando así de mejorar las cosas que aún tengan deficiencia o no hayan alcanzado su nivel óptimo de funcionamiento, eficiencia y productividad. Estas pueden realizarse semanalmente o mensualmente.

5.5.1. Cumplimiento de metas

Dentro de las autoevaluaciones, el personal debe comprobar si se están cumpliendo las metas de eficiencia y producción de la línea de llenado y de la planta de producción o si están encaminados a la realización de las mismas.

CONCLUSIONES

1. Las cargas y tiempos de carga se estandarizaron a través de la creación de nuevos procedimientos de carga de bebidas carbonatadas e isotónicas.
2. Una mejor diferenciación de los motivos de paro se dará con la ayuda del reordenamiento de paros con nuevas categorías y una nueva jerarquía de paros.
3. El 80 % de los paros no programados dentro de la línea de llenado se deben al 20 % de causas relacionadas con la llenadora y etiquetadora, según el historial de paros del año 2017 con un análisis basado en la ley de Pareto.
4. Los lineamientos necesarios para poder aumentar las corridas de producción a 12 horas y así disminuir el porcentaje de participación de carga y puesta a punto en el turno de producción.
5. La confiabilidad de los equipos de la línea de llenado se puede aumentar con la clasificación de los tipos de mantenimiento e implementación de mantenimiento proactivo.
6. El tiempo de los paros programados y de mayor incidencia se puede reducir con las directrices proporcionadas para su identificación y reducción.

RECOMENDACIONES

1. Mantener el control de los tiempos y plantearse nuevos tiempos de realización para optimizar los procedimientos constantemente.
2. Comparar las categorías anteriores con las propuestas para corroborar si existe una mejora con los cambios realizados.
3. Darle especial atención a la mitigación del 20 % de las causas que están generando el 80 % de los paros.
4. Mantener corridas con duraciones de al menos a 12 horas de duración para mantener los acumulados mensuales de eficiencia dentro de la meta.
5. Capacitar al personal mecánico constantemente en mantenimiento proactivo para mantenerse actualizados y poder plantearse metas más completas.
6. Sensibilizar al personal respecto del cambio que creará la implementación de las directrices para evitar la resistencia a este.

BIBLIOGRAFÍA

1. FALCONI CAMPOS, Vicente. *Gerencia de la rutina del trabajo cotidiano*. 1a ed. Brasil: INDG Tecnología y Servicios LTDA, 1992. p. 266.
2. HEIZER, Jay., RENDER, Barry. *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones Tácticas*. 8a ed. Madrid, España: Pearson Educación, S.A. 2008. p. 560.
3. HELLRIEGEL, Don., SLOCUM, John W., JACKSON, Susan E. *Administración: Un enfoque basado en competencias*. 9a ed. México, D.F: Cengage Learning Editores, S.A. 2002. p. 594.
4. ISHIKAWA, Kaoru., LU, David., CÁRDENAS, Margarita. *Qué es el control total de calidad*. 2a ed. Colombia: Grupo Editorial Norma. 1985. p. 261.
5. LAWRENCE, F. KATS. *Efficiency Waves Theories: A partial Evaluation*. Universidad de California, Berkerley. 1986. p. 290.

APÉNDICES

Apéndice 1. Índice de cambio por implementación de propuesta

Acumulados mensuales de eficiencia remunerada		
Mes	Antes de la implementación	Esperada después de la implementación
Enero	42,82 %	42,82 %
Febrero	50,05 %	45,50 %
Marzo	52,51 %	47,25 %
Abril	48,80 %	49,50 %
Mayo	51,89 %	51,75 %
Junio	49,88 %	52,00 %
Julio	52,59 %	52,25 %
Agosto	46,67 %	52,50 %
Septiembre	50,75 %	53,00 %
Octubre	59,37 %	53,00 %
Noviembre	59,07 %	53,00 %
Diciembre	45,56 %	53,00 %
Promedio	50,16 %	50,46 %
Meta actual	51,44 %	51,44 %
Meta propuesta	53,00 %	53,00 %

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Procedimiento propuesto para el cambio de presentación

Procedimiento propuesto para cambio de presentación		
No.	Tarea	Descripción
1	Parar línea	Verificar que todos los equipos de la línea de llenado estén totalmente parados.

Continuación apéndice 2.

2	Portar EPP	Portar lo siguiente en buen estado: guantes anticorte, lentes, cofia, casco, tapones de oído, botas industriales.
3	Enjuague llenadora	Si se llenara un distinto sabor al último llenado, enjuagar llenadora por 10 minutos.
4	Cambios mecánicos	<p>Quitar mariposas de sujeción de la bandeja protectora del tornillo sin fin.</p> <p>Utilizar pinzas para extraer el pin que asegura el tornillo sin fin y luego retirar tornillo sin fin.</p> <p>Aflojar manivela de sujeción en sentido horario a las agujas del reloj y retirar estrella de entrada.</p> <p>Utilizar pinzas para retirar pines de seguro de las guías plásticas laterales para sacar las guías.</p> <p>Limpiar el área y colocar las guías de la presentación que se llenará.</p> <p>Ajustar guías en la base y asegurar con los pines de seguridad.</p> <p>Colocar la estrella de entrada correspondiente a la presentación a llenar.</p> <p>Ajustar estrella y colocar pines de seguridad.</p> <p>Colocar tornillo sin fin de la presentación a producir y asegurar con pin a presión.</p> <p>Colocar bandeja protectora y asegurar con mariposas de sujeción.</p> <p>Con una llave cola corana 19 mm aflojar tornillos de la guía lateral de coronador y retirarla.</p> <p>Aflojar manivela de sujeción en sentido horario a las agujas del reloj y retirar estrella central.</p> <p>Utilizar pinzas para retirar pines de seguridad de las guías 3 guías laterales y retirar guías.</p> <p>Sacar estrella central de su lugar.</p> <p>Limpiar el área y colocar las guías de la presentación que se llenará.</p> <p>Ajustar y colocar pines de seguridad.</p> <p>Colocar estrella central de la presentación a llenar y luego asegurar con manivela a presión.</p> <p>Colocar guía lateral en posición inicial y colocar los tornillos que la aseguran y apretar.</p>
5	Cambios en estrella partida del coronador	<p>Verificar que todos los equipos de la línea de llenado estén totalmente parados.</p> <p>Posicionarse en el panel de control y presionar el botón correspondiente a subir los coronadores dejando espacio suficiente para retirar estrella.</p> <p>Girar el equipo con el pulsador paso a paso hasta encontrar la parte "A".</p> <p>Retirar los tres tornillos de sujeción de la estrella y retirarla.</p> <p>Colocar la estrella partida de la presentación a llenar y sujetar con los tres tornillos.</p>

Continuación apéndice 2.

		Girar el equipo con el pulsador paso a paso hasta encontrar la parte "B".
		Retirar los tres tornillos de sujeción de la estrella y retirarla.
		Colocar la estrella partida de la presentación a llenar y sujetar con los tres tornillos.
		Alinear coronador con la ayuda de un auxiliar a la marca correspondiente de la presentación a llenar.
6	Cambios en estrella y guías de salida	Con una llave cola corana 19mm aflojar tornillos de la guía lateral de coronador y retirarla.
		Aflojar manivela de sujeción en sentido horario a las agujas del reloj y retirar estrella de salida.
		Utilizar pinzas para retirar pines de seguro de las guías plásticas laterales y sacarlas.
		Colocar guías de la presentación a llenar y ajustar con los pines de seguridad.
		Colocar la estrella correspondiente a la presentación a llenar y sujetar con la manivela a presión.
		Regresar la guía lateral a su posición.
7	Nivelación de tazón	Con el pulsador paso a paso girar el equipo hasta encontrar la manguera de aire a presión.
		Conectar la boquilla de la manguera al sistema de elevación.
		Con una llave cola corona de 19 mm aflojar los tornillos del sistema de mando: mando abre válvulas, tope de nuestro, cierre de mariposas.
		Ajustarlos a la posición adecuada para la presentación a llenar y ajustar con los tornillos.
		Abrir la llave de paso de aire general para posicionar los 2 motores a las marcas según la presentación a llenar, para nivelar el tazón
		Cerrar la llave de paso de aire y desconectar la manguera del sistema de elevación y colocarla en su lugar.
		Con una llave cola corana 19 mm alinear la pista del <i>sniff</i> según la marca de la presentación a llenar.
8	Graduación de cañas	El operario se debe colocar mascarilla y guantes de látex.
		La graduación debe hacerse por tramos del tazón.
		Al finalizar la graduación de cada tramo se debe girar el tazón con el pulsador paso a paso hasta finalizar las 100 cañas.
		Utilizando una llave tipo T de 8 mm aflojar completamente el spray hasta lograr liberar la presión que ajusta la caña.
		Utilizando la galga correspondiente a la presentación a llenar colocarla alrededor de la caña.
		Ajustar la caña a la altura de la galga hasta topar con ella.
		Asegurar con la llave de 8 mm el spray.
		Verificar que no se haya movido la caña y si se movió realizar el procedimiento nuevamente.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Formato para el control de consumo de energía eléctrica

Formato para el control de consumo de energía eléctrica por equipo					
Día	Potencia	kW/h	Tiempo (h)	Total Diario (kW)	Total Mes kW/mes
1	Potencia nominal (consumo teórico)	0.75			
2	Potencia a carga máxima (Consumo límite)	0.97			
3	Potencia promedio (esperado)	0.95			
4	Potencia a carga mínima (consumo ideal)	0.83			

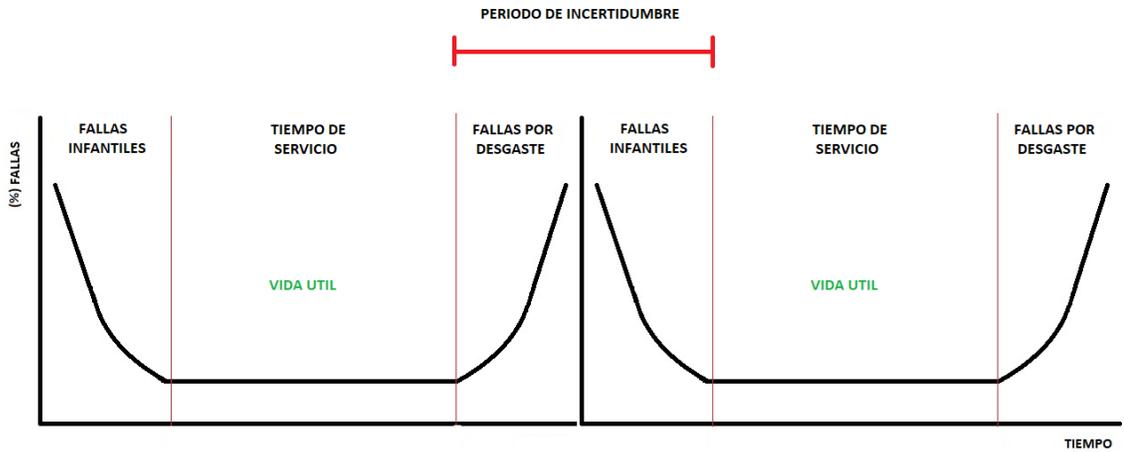
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Lista de verificación para procedimientos

Lista de verificación													
Procedimientos/ Tarea /Paso	Auditor	Operario	Turno	Semana 1					Semana 2				
				L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Cambio de presentación	José	Pedro	AB										
Graduación de cañas	Ismael	Luis	BC										
Apriete de tornillos	Juan	Carlos	AA										

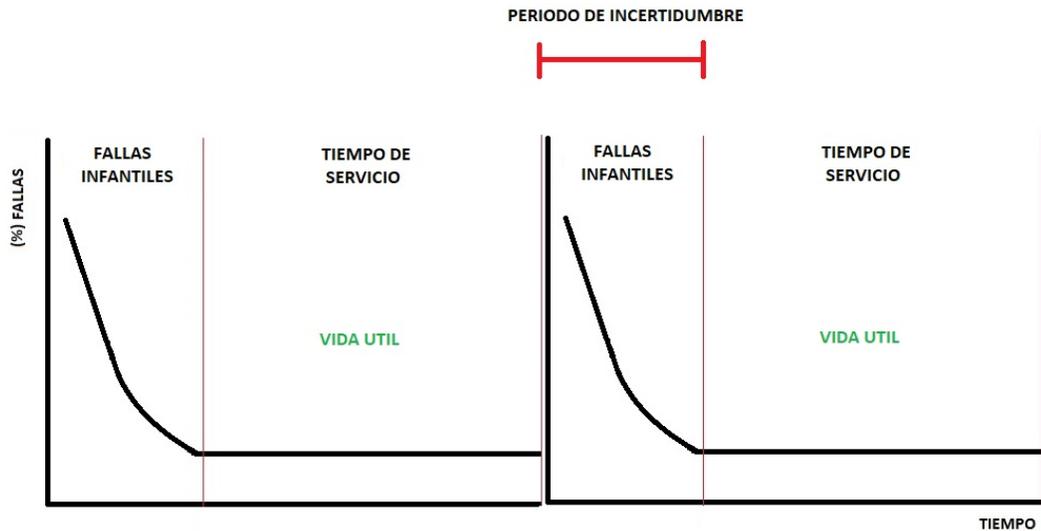
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Gráfico de bañera del tiempo de vida útil



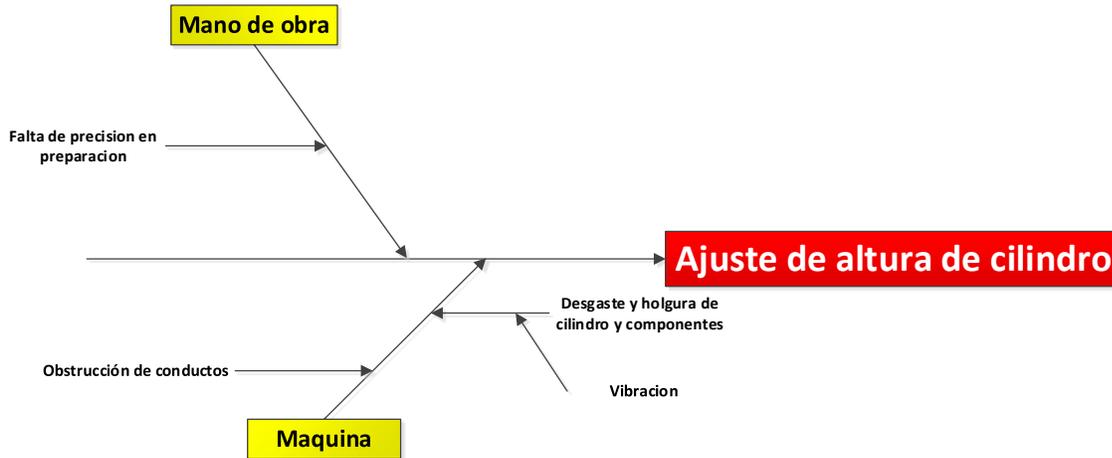
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Gráfico de bañera con disminución del periodo de incertidumbre



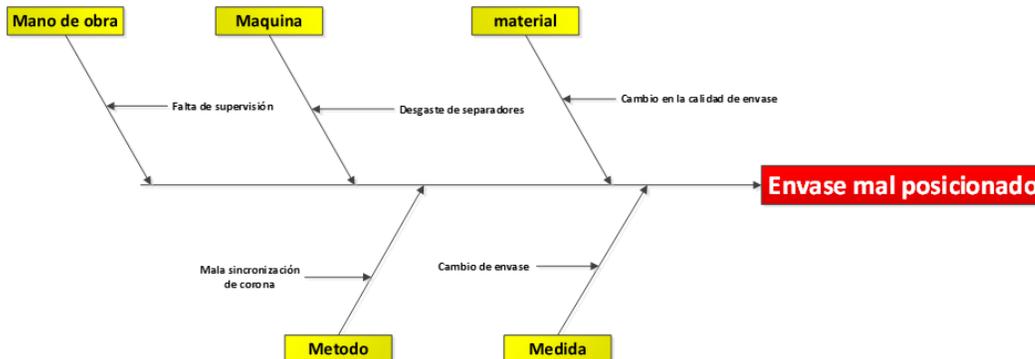
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Diagrama Ishikawa para causas ajuste de la altura de cilindro.



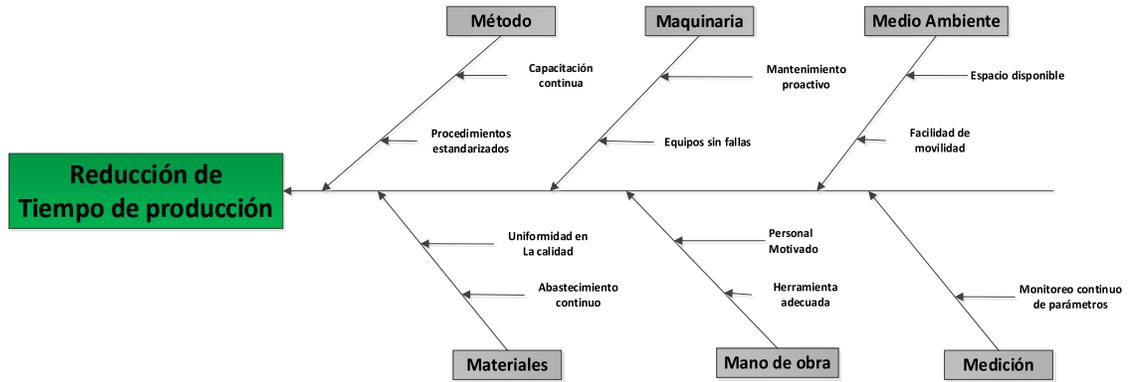
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Diagrama Ishikawa para causas de envase mal posicionado



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Diagrama Inverso de Ishikawa para la reducción de tiempo de llenado.



Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Mapa de Ciudad de Guatemala



Fuente: Google Maps. *Mapa de la Ciudad de Guatemala*. <https://maps.google.com/>.

Consulta: octubre de 2018.

