



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

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO
PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO
LA METODOLOGÍA 5'S EN EMBOTELLADORA S.A.**

Garyn Fernando Esquivel Cámara

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5'S EN EMBOTELLADORA S.A.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GARYN FERNANDO ESQUIVEL CÁMBARA
ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODÍNEZ BAUTISTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2022

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. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5´S EN EMBOTELLADORA S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 4 de febrero de 2019.

Garyn Fernando Esquivel Cámara

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 23 de noviembre de 2021.
REF.EPS.DOC.488.11.2021.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería 2448 38380 2201, **Garyn Fernando Esquivel Cámara, Registro Académico No. 201325646** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5'S EN EMBOTELLADORA S.A.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Una firma manuscrita en tinta que parece ser la de la asesora supervisora.

Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 23 de noviembre de 2021.
REF.EPS.D.265.11.2021

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

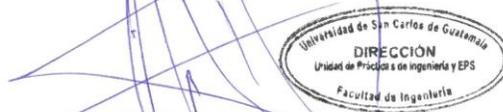
Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5'S EN EMBOTELLADORA S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Garyn Fernando Esquivel Cámbara** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH /ra



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.125.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5'S EN EMBOTELLADORA S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Garyn Fernando Esquivel Cámara**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4.272

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

Guatemala, noviembre de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.044.EMI.2022

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 Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5 S EN EMBOTELLADORA S.A.**, presentado por: **Garyn Fernando Esquivel Cámbara**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272, Periodo: enero a marzo año 2022

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2022

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: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL PARO NO PROGRAMADO EN LA REALIZACIÓN DE UN CAMBIO DE PRESENTACIÓN APLICANDO LA METODOLOGÍA 5 S EN EMBOTELLADORA S.A.**, presentado por: **Garyn Fernando Esquivel Cámara**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, febrero de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por guiarme y ser mi luz y fortaleza en el transcurso de mi vida, llenarla de dicha y bendiciones. Por dejarme llegar a este momento tan especial en mi vida.
- MIS PADRES:** Gredy Esquivel Valdez y Gladys Diane Cámara por su amor, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Por sus sabios consejos, darme la vida y guiarme para siempre tomar la mejor decisión a lo largo de mi vida tanto personal como profesional.
- MI HERMANO:** Greddy Esquivel por sus consejos y apoyo incondicional en todas las decisiones a lo largo de mi vida, se que cuento con su apoyo siempre.
- MI FAMILIA:** Con quienes he compartido muchos momentos trascendentales de mi vida, gracias por ser la familia unida que somos.
- MI NOVIA:** Gracias, mi amor por ese apoyo incondicional que tienes conmigo, que me lo demuestra día con día, y sé que siempre voy a contar con todo tu apoyo en mis proyectos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi casa de estudios en donde pase los mejores años de mi vida, la cual llevo con orgullo y represento dignamente.
Facultad de Ingeniería	Por toda su preparación profesional y todo el conocimiento adquirido por parte de mis catedráticos, que me ayudaron a crecer tanto personal como profesional.
Gredy Esquivel	Por ser un padre modelo que me enseñó muchas cosas a lo largo de mi vida, a buscar siempre el buen camino, y tomar las mejores decisiones a lo largo de mi vida, como su apoyo incondicional tanto económicamente como personalmente para poder terminar mis estudios universitarios.
Gladys Cámara	Por ser una madre amorosa, que siempre vela por darnos lo mejor siempre, brindando todo su apoyo siempre en cualquier proyecto que realice con todo su amor y cariño, como su apoyo económico para poder realizar mis estudios a lo largo de mi vida, enseñándome a valorar las cosas y siempre trabajar para lograr realizar mis sueños, ya que el persevera alcanza.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XXI
GLOSARIO	XXIII
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. GENERALIDADES EMBOTELLADORA S.A.	1
1.1. Descripción.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores	3
1.1.6. Código de ética.....	4
1.1.7. Políticas de calidad e inocuidad.....	4
2. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL.....	5
2.1. Diagnóstico situación actual línea de producción A.....	5
2.1.1. Diagrama Pareto.....	6
2.1.2. Diagrama Ishikawa	7
2.1.3. Diagrama de recorrido	9
2.1.4. Diagrama bimanual.....	10
2.1.5. Equipo actual en la línea de producción	11
2.1.5.1. Posicionador	11

	2.1.5.2.	Etiquetadora	12
	2.1.5.3.	Llenadora	13
	2.1.5.4.	Empacadora	14
	2.1.5.5.	Paletizadora	15
	2.1.5.6.	Robopac.....	17
2.2.		Descripción de la línea de producción.....	18
	2.2.1.	Diagrama de operaciones de los procesos de cambio de presentación	18
	2.2.2.	Controles de producción.....	20
	2.2.3.	Controles de calidad.....	25
	2.2.4.	Eficiencia	27
		2.2.4.1. Eficiencia de línea	27
		2.2.4.2. Indicador mensual de eficiencia	29
	2.2.5.	Paros de producción	29
		2.2.5.1. Cambio de presentación.....	30
		2.2.5.2. Cambio de sabor	34
	2.2.6.	Costos	34
		2.2.6.1. Costo de un cambio de presentación ...	34
	2.2.7.	Paros no programados	39
		2.2.7.1. Paros operativos	39
		2.2.7.2. Paros mecánicos.....	41
		2.2.7.2.1. Llenadora	41
		2.2.7.2.2. Etiquetadora.....	42
		2.2.7.2.3. Rinser.....	42
		2.2.7.2.4. Empacadora.....	42
		2.2.7.2.5. Paletizadora	43
		2.2.7.3. Paros electromecánicos	44
2.3.		Diagnóstico de situación actual línea de producción B	45
	2.3.1.	Diagrama de recorrido.....	46

2.3.2.	Diagrama bimanual.....	47
2.3.3.	Equipo actual en la línea de producción	48
2.3.3.1.	Posicionador	49
2.3.3.2.	Etiquetadora	50
2.3.3.3.	Llenadora.....	51
2.3.3.4.	Empaquetadora	52
2.3.3.5.	Paletizadora.....	53
2.3.3.6.	Robopac	54
2.3.3.7.	Pasteurizador.....	55
2.4.	Descripción de la línea de producción	56
2.4.1.	Diagrama de operaciones de los procesos de un cambio de presentación.....	56
2.4.2.	Control de producción.....	58
2.4.3.	Control de calidad.....	62
2.4.4.	Eficiencia	63
2.4.4.1.	Eficiencia de línea.....	64
2.4.4.2.	Indicador de eficiencia mensual.....	66
2.4.5.	Paros de producción.....	66
2.4.5.1.	Cambio de presentación.....	68
2.4.5.2.	Cambio de sabor	71
2.4.6.	Paros no programados	71
2.4.6.1.	Operativos	71
2.4.6.2.	Mecánicos.....	73
2.4.6.3.	Electromecánicos	76
2.4.7.	Costos	77
2.4.7.1.	Costo por un cambio de presentación	77
2.5.	Implementación de 5´S.....	81
2.5.1.	Línea de producción A.....	81

2.5.2.	Seiri-Seleccionar	82
2.5.2.1.	Procedimientos de selección.....	82
2.5.2.2.	Criterio de decisión.....	83
2.5.2.2.1.	Formato de lista de elementos necesarios ...	84
2.5.2.3.	Listado de piezas innecesarias	84
2.5.2.4.	Procedimientos para retirar las piezas innecesarias	85
2.5.2.5.	Implementación de Seiri	86
2.5.2.5.1.	Impacto de las piezas innecesarias	88
2.5.2.6.	Resultados	89
2.5.3.	Seiton-Ordenar	89
2.5.3.1.	Procedimientos de orden.....	90
2.5.3.1.1.	Clasificación de piezas por colores	91
2.5.3.1.2.	Ubicación del área de las piezas	94
2.5.3.1.3.	Mobiliario.....	95
2.5.3.2.	Implementación de Seiton	97
2.5.3.2.1.	Sistema de identificación por colores.....	99
2.5.3.2.2.	Agrupación por tipo de piezas.....	100
2.5.3.3.	Resultados	101
2.5.4.	Seiso-Limpiar	103
2.5.4.1.	Procedimientos de limpieza.....	103
2.5.5.	Implementación de Seiso	104

	2.5.5.1.	Hoja de control.....	104
	2.5.5.2.	Hoja de registro	105
	2.5.5.3.	Resultados.....	106
2.5.6.		Seiketsu-Estandarizar.....	107
2.5.7.		Toma de tiempos en cambio de presentación	107
	2.5.7.1.	Implementación Seiketus.....	118
		2.5.7.1.1. Parámetros de operación.....	118
		2.5.7.1.2. Procedimientos para la realización de un cambio de presentación	121
	2.5.7.2.	Manual de procedimientos para un cambio de presentación.....	125
	2.5.7.3.	Matriz de cambios.....	127
	2.5.7.4.	Resultados.....	127
2.5.8.		Shitsuke-Compromiso y Disciplina	128
	2.5.8.1.	Control periódico de las áreas de trabajo.....	129
	2.5.8.2.	Monitoreo frecuente de los cambios de presentación en la línea de producción.	130
2.5.9.		Eficiencia	130
	2.5.9.1.	Resultados de eficiencia.....	130
	2.5.9.2.	Eficiencia mensual.....	131
	2.5.9.3.	Cumplimiento de cajas de producción	132
2.6.		Programación de producción.....	133
	2.6.1.	Establecer matriz de saneamiento.....	133

2.6.2.	Corridas de producción largas.....	134
2.7.	Costo de la propuesta	134
2.8.	Implementación de 5´S	135
2.8.1.	Línea de producción B	135
2.8.2.	Seiri-Seleccionar	136
2.8.2.1.	Procedimientos de selección.....	136
2.8.2.2.	Criterio de decisión.....	137
2.8.2.2.1.	Formato de lista de elementos necesarios .	138
2.8.2.3.	Listado de piezas innecesarias	138
2.8.2.4.	Procedimientos para retirar las piezas innecesarias	139
2.8.2.5.	Implementación de Seiri	140
2.8.2.5.1.	Impacto de las piezas innecesarias	142
2.8.2.6.	Resultados	143
2.8.3.	Seiton-Orden	143
2.8.3.1.	Procedimientos de orden.....	144
2.8.3.1.1.	Clasificación de piezas por colores	145
2.8.3.1.2.	Ubicación del área de las piezas	148
2.8.3.1.3.	Mobiliario.....	149
2.8.3.2.	Implementación de Seiton	152
2.8.3.2.1.	Sistema de identificación por colores.....	153
2.8.3.2.2.	Agrupación por tipo de piezas.....	154

	2.8.3.3.	Resultados.....	155
2.8.4.		Seiso-Limpiar.....	156
	2.8.4.1.	Procedimientos de limpieza.....	157
2.8.5.		Implementación de Seiso	157
	2.8.5.1.	Hoja de control.....	158
	2.8.5.2.	Hoja de registros.....	159
	2.8.5.3.	Resultados.....	160
2.8.6.		Seiketsu-Estandarizar.....	161
	2.8.6.1.	Toma de tiempos en cambio de presentación	161
2.8.7.		Implementación de Seiketsu.....	173
	2.8.7.1.	Parámetros de operación	173
	2.8.7.2.	Instructivo para la realización en un cambio de presentación por equipo... ..	176
	2.8.7.3.	Manual de procedimientos para un cambio de presentación.....	180
	2.8.7.4.	Matriz de cambios.....	182
	2.8.7.5.	Resultados.....	182
2.8.8.		Shitsuke-Compromiso y Disciplina	183
	2.8.8.1.	Control periódico de las áreas de trabajo.....	183
	2.8.8.2.	Monitoreo frecuente de los cambios de presentación en la línea de producción.	184
2.8.9.		Eficiencia	185
	2.8.9.1.	Resultado de eficiencia.....	185
	2.8.9.2.	Eficiencia mensual.....	186
	2.8.9.3.	Cumplimiento cajas de producción	187
2.9.		Programación de producción.....	188

2.9.1.	Establecer matriz de saneamiento	188
2.9.2.	Corridas de producción largas.....	189
2.10.	Evaluación de la propuesta	189
2.11.	Costo de la propuesta	197
3.	PROPUESTA DE PLAN PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE AGUA SUAVE, DENTRO DEL PASTEURIZADOR	199
3.1.	Diagnóstico de situación actual.....	199
3.1.1.	Diagrama Ishikawa.....	200
3.1.2.	Análisis actual de consumo de agua suave.....	201
3.1.3.	Consumo de agua suave por caja producida	204
3.1.4.	Sistema de distribución de agua	207
3.1.5.	Sistema de condensado de vapor	208
3.2.	Propuesta de mejora	210
3.2.1.	Establecer tuberías de recirculación de agua en proceso de pasteurizado	211
3.2.2.	Accesorios y equipos auxiliares para utilizar	212
3.2.3.	Controlador PLC.....	212
3.2.4.	Transporte	213
3.2.5.	Instalación hídrica	213
3.2.6.	Croquis	214
3.2.7.	Reparar el sistema de condensado de vapor, para el proceso de recirculación de agua suave dentro del pasteurizador.....	215
3.2.8.	Cambio de válvulas y empaques a lo largo del túnel del pasteurizador	217
3.2.9.	Implementación de secadores en la salida del pasteurizador.....	218
3.2.10.	Plan propuesto	219

3.3.	Evaluación de la propuesta	220
3.4.	Costo de la propuesta.....	222
4.	PLAN DE CAPACITACIONES	223
4.1.	Diagnóstico de la situación actual	223
4.1.1.	Análisis de 5 porqués de las necesidades de capacitación.....	225
4.2.	Plan de capacitación	226
4.3.	Resultado de la capacitación.....	229
4.3.1.	Modelo de capacitación	230
4.4.	Costo de la propuesta.....	233
	CONCLUSIONES	235
	RECOMENDACIONES	239
	BIBLIOGRAFÍA.....	241
	ANEXO	243

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Embotelladora S.A.....	2
2.	Diagrama Pareto	6
3.	Gráfico de Pareto	7
4.	Diagrama Ishikawa.....	8
5.	Diagrama de recorrido línea A	9
6.	Diagrama bimanual posicionador línea A.....	10
7.	Posicionador	12
8.	Modelo de etiquetadora.....	13
9.	Llenadora	14
10.	Empacadora de paquetes	15
11.	Modelo de paletizadora	16
12.	Modelo de Robopac	17
13.	Diagrama de operaciones	19
14.	Gráfico Brix	24
15.	Gráfico PH.....	26
16.	Indicador de eficiencia.....	29
17.	Gráfico de paro programado línea A	30
18.	Gráfico de paros operativos	41
19.	Gráfico de paros mecánicos.....	44
20.	Gráfico paros electromecánicos.....	45
21.	Diagrama de recorrido línea B	47
22.	Diagrama bimanual etiquetadora línea B	48
23.	Posicionador	49
24.	Etiquetadora.....	50

25.	Llenadora.....	51
26.	Empaquetadora	52
27.	Paletizadora.....	53
28.	Robopac	54
29.	Pasteurizador.....	55
30.	Diagrama de Operaciones	57
31.	Gráfico Brix	61
32.	Gráfico PH	63
33.	Indicador de eficiencia	66
34.	Gráfico de paro programado.....	67
35.	Gráfico de paros operativos.....	73
36.	Gráfico Paros Mecánicos.....	76
37.	Gráfico paros electromecánicos	77
38.	Formato de tarjeta Roja	88
39.	Tarjeta Verde	91
40.	Tarjeta Amarilla.....	92
41.	Tarjeta Azul.....	93
42.	Tarjeta Roja	94
43.	Croquis línea A	95
44.	Ejemplo de mesa	96
45.	Ejemplo de Repisa.....	96
46.	Ejemplo de caja de Herramientas.....	97
47.	Diagrama de clasificación de piezas por color.....	99
48.	Diagrama de clasificación de herramientas por color	100
49.	Resultado de piezas	101
50.	Resultado Seiton.....	102
51.	Hoja de control.....	104
52.	Hoja de registro.....	105
53.	Clasificación de basura	106

54.	Limpieza.....	106
55.	Parámetros posicionador	120
56.	Parámetros llenadora	120
57.	Parámetros empacadora.....	121
58.	Ejemplo de formato utilizado para manual de procedimientos	126
59.	Estandarización de cambio de presentación.....	128
60.	Resultado línea A.....	131
61.	Gráfico eficiencia mes de febrero.....	132
62.	Matriz de saneamiento	133
63.	Formato de tarjeta roja	142
64.	Tarjeta verde	145
65.	Tarjeta amarilla	146
66.	Tarjeta azul	147
67.	Tarjeta roja	148
68.	Croquis línea B.....	149
69.	Ejemplo de mesa	150
70.	Ejemplo de repisa	151
71.	Ejemplo de caja de Herramientas	151
72.	Diagrama de clasificación de piezas por color	153
73.	Diagrama de clasificación de herramientas por color.....	154
74.	Resultado de piezas.....	155
75.	Resultado Seiton.....	156
76.	Hoja de control	158
77.	Hoja de registro.....	159
78.	Clasificación de basura línea B	160
79.	Limpieza.....	161
80.	Parámetros posicionador	175
81.	Parámetros llenadora	175
82.	Parámetros empacadora.....	176

83.	Ejemplo de formato utilizado para manual de procedimientos.....	181
84.	Matriz de cambio de presentación	182
85.	Estandarización de cambio de presentación	183
86.	Resultado línea B.....	185
87.	Gráfico Eficiencia Febrero	187
88.	Matriz de saneamiento.....	188
89.	Diagrama causa-efecto consumo de agua suave.....	200
90.	Modelo de intercambiador de calor.....	209
91.	Sistema completo de vapor	210
92.	Proceso de lluvia hacia el producto	214
93.	Sistema de tuberías de recirculación	215
94.	Sistema de condensado de vapor del pasteurizado	216
95.	Túnel de pasteurizador	217
96.	Modelo de soplador eléctrico	218
97.	Modelo de programación de capacitaciones.....	228
98.	Capacitación	230
99.	Capacitación Manual de procedimientos	232
100.	Evaluación de capacitación	233

TABLAS

I.	Registros inspección de etiquetado	21
II.	Registro de Brix	23
III.	Registro de control de PH.....	25
IV.	Eficiencia actual línea de producción A	28
V.	Paro programado línea A.....	30
VI.	Cambio de presentación llenadora	31
VII.	Cambio de presentación etiquetadora	32
VIII.	Cambio de presentación posicionador.....	32

IX.	Cambio de presentación empacadora.....	33
X.	Cambio de presentación paletizadora.....	33
XI.	Resumen de todos los equipos	33
XII.	Costos Cambio Presentación 500/600 ml	35
XIII.	Costos cambio de presentación 750 ml	35
XIV.	Costos cambio de presentación 1,75 L	36
XV.	Costos cambio de presentación 2 L	36
XVI.	Paros operativos mensuales	40
XVII.	Paros mecánicos.....	43
XVIII.	Paros electromecánicos	44
XIX.	Registros inspección de etiquetado	59
XX.	Registros Brix.....	60
XXI.	Registro de control PH	62
XXII.	Eficiencia actual en línea de producción B.....	65
XXIII.	Paro programado línea B	67
XXIV.	Cambio de presentación llenadora.....	68
XXV.	Cambio de presentación etiquetadora.....	69
XXVI.	Cambio de presentación empaquetadora	69
XXVII.	Cambio de presentación posicionador	70
XXVIII.	Cambio de presentación paletizadora.....	70
XXIX.	Resumen de todos los equipos	70
XXX.	Paros operativos Mensuales	72
XXXI.	Paros mecánicos.....	75
XXXII.	Paros electromecánicos	76
XXXIII.	Costos cambio de presentación 2,5 L	78
XXXIV.	Costos cambio de presentación 3 L	78
XXXV.	Costos cambio de presentación 3,3 L	78
XXXVI.	Procedimientos de selección.....	82
XXXVII.	Formato de elementos necesarios	84

XXXVIII.	Formato de piezas innecesarias	85
XXXIX.	Procedimientos para retirar las piezas innecesarias.....	86
XL.	Listado de objetos y frecuencia de uso.....	87
XLI.	Procedimiento de orden.....	90
XLII.	Localización de piezas.....	98
XLIII.	Procedimiento de limpieza de pisos.....	103
XLIV.	Tiempo registrado después de aplicar mejoras en llenadora.....	109
XLV.	Tiempo registrado después aplicar mejoras en posicionador	109
XLVI.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la empaquetadora.....	110
XLVII.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras a etiquetadora	110
XLVIII.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la paletizadora..	111
XLIX.	Sistema de calificación de habilidades de <i>Westinghouse</i>	112
L.	Sistema de calificación de esfuerzo de <i>Westinghouse</i>	112
LI.	Sistema de calificación de condiciones de <i>Westinghouse</i>	113
LII.	Sistema de calificación de consistencia de <i>Westinghouse</i>	113
LIII.	Calificación de concesiones.....	114
LIV.	Suplementos utilizados para el análisis	116
LV.	Tiempo registrado para llenadora	116
LVI.	Tiempo registrado para posicionador.....	117
LVII.	Tiempo registrado en etiquetadora	117
LVIII.	Tiempo registrado empacadora	117
LIX.	Tiempo registrado paletizadora	118
LX.	Parámetros de operación etiquetadora.....	119
LXI.	Procedimientos para cambio de presentación llenadora	122
LXII.	Instructivo para cambio de presentación etiquetadora.....	122
LXIII.	Instructivo para cambio de presentación empacadora	123
LXIV.	Instructivo para cambio de presentación posicionador	124
LXV.	Instructivo para cambio de presentación paletizadora	124

LXVI.	Matriz de cambio de presentación	127
LXVII.	Control de 5´S	129
LXVIII.	Resultado eficiencia mensual.....	131
LXIX.	Costo de inversión línea A	135
LXX.	Procedimientos de selección.....	136
LXXI.	Formato de elementos necesarios	138
LXXII.	Formato de piezas innecesarias	139
LXXIII.	Procedimientos para retirar las piezas innecesarias	140
LXXIV.	Listado de objetos y frecuencia de uso	141
LXXV.	Procedimientos de orden	144
LXXVI.	Localización de piezas	152
LXXVII.	Procedimiento de limpieza de pisos	157
LXXVIII.	Tiempo registrado después de aplicar mejoras en llenadora	163
LXXIX.	Tiempo registrado después aplicar mejoras en posicionador	164
LXXX.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la empaquetadora	164
LXXXI.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras a etiquetadora	165
LXXXII.	Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la paletizadora .	166
LXXXIII.	Sistema de calificación de habilidades de <i>Westinghouse</i>	167
LXXXIV.	Sistema de calificación de esfuerzo de <i>Westinghouse</i>	167
LXXXV.	Sistema de calificación de condiciones de <i>Westinghouse</i>	168
LXXXVI.	Sistema de calificación de consistencia de <i>Westinghouse</i>	168
LXXXVII.	Calificación de concesiones	169
LXXXVIII.	Suplementos utilizados para el análisis.....	171
LXXXIX.	Tiempo registrado para llenadora	171
XC.	Tiempo registrado para posicionador	172
XCI.	Tiempo registrado en etiquetadora	172
XCII.	Tiempo registrado empacadora	172
XCIII.	Tiempo registrado paletizadora	173

XCIV.	Parámetros de operación etiquetadora.....	174
XCV.	Instructivo para cambio de presentación llenadora.....	177
XCVI.	Instructivo para cambio de presentación etiquetadora.....	177
XCVII.	Instructivo para cambio de presentación empaquetadora	178
XCVIII.	Instructivo para cambio de presentación posicionador	179
XCIX.	Instructivo para cambio de presentación paletizadora.....	179
C.	Control de 5´S.....	184
CI.	Resultado eficiencia mensual	186
CII.	Costos cambio presentación 500/600 ml	189
CIII.	Costos cambio de presentación 750 ml	190
CIV.	Costos cambio de presentación 1,75 L.....	190
CV.	Costos cambio de presentación 2 L.....	190
CVI.	Costos cambio de presentación 2,5 L.....	194
CVII.	Costos cambio de presentación 3 L.....	194
CVIII.	Costos cambio de presentación 3,3 L.....	194
CIX.	Costo de inversión línea B	198
CX.	Consumo de agua suave del año 2014	201
CXI.	Consumo de agua suave del año 2015	202
CXII.	Consumo de agua suave del año 2016	202
CXIII.	Consumo de agua suave del año 2017	203
CXIV.	Consumo de agua del año 2018.....	203
CXV.	Consumo de agua por caja producida 2014	204
CXVI.	Consumo de agua por caja producida 2015	205
CXVII.	Consumo de agua por caja producida 2016	205
CXVIII.	Consumo de agua por caja producida 2018	206
CXIX.	Parámetros de diseño de sistema recirculación	212
CXX.	Plan de mejoras para la reducción de consumo de agua	219
CXXI.	Cajas producidas mensualmente.....	220
CXXII.	Costo de inversión	222

CXXIII.	Entrevista sobre las capacitaciones	224
CXXIV.	Lluvia de ideas de porqué realizar capacitaciones.....	225
CXXV.	Costos de la capacitación	234

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°c	Grados Centígrados
M	Metro
Mm	Milímetros
Min	Minutos
%	Porcentaje
Q	Quetzal, Moneda de Guatemala

GLOSARIO

FDA	Food and Drug Administration. La FDA es responsable de proteger y promover la salud pública a través de la regulación y supervisión de la seguridad alimentaria y medicamentos farmacéuticos.
Fuga	Salida o escape de un líquido o de un gas por una abertura provocada accidentalmente.
PHVA	Ciclo Deming: planificar, hacer, verificar y actuar.
<i>Stock</i>	Es una voz inglesa que se usa en español con el sentido de existencias. Cantidad de productos, materias primas, herramientas, entre otros, que es necesario tener almacenadas para compensar la diferencia entre el flujo del consumo y el de producción.
Suministro	Es la actividad económica encaminada a cubrir las necesidades de consumo. Abastecimiento de lo que se considera necesario.

RESUMEN

La Embotelladora S.A., cuenta con varios departamentos, como lo son: calidad, producción, soplado, mantenimiento y microbiología. El proyecto se centrará en el área de producción, reduciendo los tiempos muertos que se generan, cuando se realiza un cambio de presentación en las líneas de producción PET.

Para lograr la reducción de los tiempos de paro, se realizó la metodología 5'S, estandarizando los procedimientos de cómo se debe de realizar un cambio de presentación de una forma más eficiente y en un menor tiempo, reduciendo la cantidad de ajuste en los equipos, estandarizando las botellas de 600 ml, para evitar cambio de presentación y solo realizar un cambio de sabor y etiqueta. Estableciendo parámetros de operación en los equipos utilizados en las líneas de producción PET, con la implementación de este nuevo sistema se representó un aumento en la eficiencia mensual de las líneas de producción PET, alcanzando su KPI'S mensual de eficiencia.

Con la propuesta de un plan de ahorro de agua suave dentro del pasteurizador, se lograr realizar una producción más limpia, estableciendo indicadores de consumo de agua por cada línea de producción, instalando bombas auxiliares para recircular el agua dentro del pasteurizador, y distribuirla dentro de las diferentes fases del proceso de pasteurizado, reduciendo el consumo de agua suave.

Con la propuesta de un plan de capacitaciones, en temas de seguridad industrial, estableciendo una cultura de actitud segura, capacitando al personal

sobre buenas prácticas de manufactura para lograr garantizar la inocuidad de todos los productos dentro de las líneas de producción PET.

OBJETIVOS

General

Diseñar e Implementar un nuevo sistema para la reducción de paros no programados en la realización de un cambio de presentación aplicando la metodología 5'S en Embotelladora S. A.

Específicos

1. Analizar los procedimientos en la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET.
2. Identificar el cuello de botella, en la preparación de un cambio de presentación.
3. Indicar los procedimientos a seguir, cada vez que se realiza un cambio de presentación en las líneas de producción PET.
4. Determinar los parámetros de operación, en la realización de un cambio presentación.
5. Establecer un nuevo sistema para la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET.
6. Establecer una eficiencia de 53,5 % y 54 %, en las respectivas líneas de producción.

7. Proponer un plan de reducción de consumo de agua suave, en el proceso de pasteurización de los productos.
8. Definir una producción más limpia en el proceso de pasteurizado de productos.
9. Diseñar un plan de capacitaciones específicas, en temas de interés para el personal del área de producción.

INTRODUCCIÓN

La Embotelladora S.A., es una empresa que se dedica a la fabricación de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, la cual cuenta con ocho líneas de producción. Con una capacidad productiva de 12 000 000 cajas mensuales, de las cuales el 60 %, de estas cajas son producidas por líneas PET, las cuales son el motor principal dentro de la planta de producción.

El problema principal es que las líneas de producción PET, no cumplen su KPI's de eficiencia, este problema generó la pregunta del porqué no pueden cumplir sus objetivos, después de realizar un estudio de las posibles causas se logró determinar que el problema principal es la demora en un cambio de presentación en las líneas de producción PET. El tiempo programado para un cambio de presentación es de 1 hora, pero cada vez que se realiza un cambio de presentación se llevan 2 horas en realizar este cambio, lo que genera 1 hora de paro cada vez que se realiza un cambio de presentación, en promedio se producen 1 100 cajas de bebidas por hora, lo que es equivalente a 26 400 botellas de bebidas carbonatas o no carbonatadas.

Con la implementación de este nuevo sistema se logrará reducir el tiempo de preparación en la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET, la metodología 5´S será utilizada para la implementación de este nuevo sistema, con el cual se estandarizarán los procedimientos adecuados a seguir en la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET, estableciendo parámetros de operación en cada uno de los equipos utilizados en las líneas de producción PET, con la implementación de este nuevo sistema se reducirá el tiempo de paro mensual generado por el

excesivo tiempo perdido en la realización de un cambio de presentación, la reducción del tiempo de paro en las líneas de producción PET, representa un aumento en la eficiencia mensual de las líneas de producción PET.

1. GENERALIDADES EMBOTELLADORA S.A.

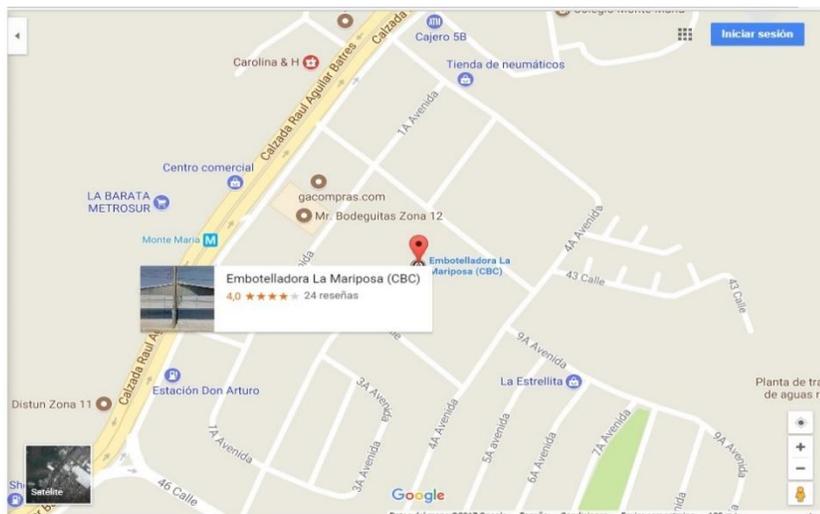
1.1. Descripción

En Embotelladora S.A., es una empresa que se dedica a la producción de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, la cual cuenta con ocho líneas de producción, cuatro de las cuales son las encargadas de la producción de las bebidas carbonatadas y no carbonatadas en envase PET. Estas líneas de producción son las encargadas de un 60 % de la producción mensual dentro de la planta de producción.

1.1.1. Ubicación

En la figura 1 se presenta la ubicación de la Embotelladora S.A.

Figura 1. **Ubicación de Embotelladora S.A.**



Fuente: Google maps. *Embotelladora S.A.* <https://www.google.es/maps/?hl=es>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

1.1.2. **Historia**

En 1885, se funda la compañía en Guatemala por Enrique Castillo Córdova. La capacidad de soñar en grande y trabajar con pasión para alcanzar nuestros sueños es el legado de nuestros fundadores permitiéndonos el crecimiento y desarrollo a lo largo de los años. A principios de los años 90 la compañía empieza a planificar su crecimiento estratégico a nuevos territorios y categorías, haciendo espacio a una etapa de profesionalización con la incorporación de nuevos talentos. Con ello inicia la especialización operativa y comercial.

En el año 1990, PepsiCo nos otorga el premio como el Mejor Embotellador de Latinoamérica, reconocimiento que también recibimos en los años 1993, 2000, 2002 y 2009. PepsiCo nos nombra entonces, Embotellador Ancla para Centroamérica e iniciamos nuestra expansión a Honduras, Nicaragua y El Salvador.

En el año 2003, CBC evoluciona a una compañía multibebidas con la introducción de isotónicos por ampliación del portafolio de PepsiCo. Ese año, se lleva a cabo una alianza estratégica con Ambev del Grupo ABInBev, la compañía cervecera más grande del mundo. Esta alianza vino a revolucionar el mercado de cerveza de Centroamérica a través de la introducción de nuevas marcas producidas en Guatemala y marcas del portafolio global de Ambev.

Cbc continúa en el año 2009 con la ampliación de su portafolio a jugos, néctares y bebidas funcionales y nutritivas a través de la adquisición de la planta de Livsmart en El Salvador. Ese mismo año continuamos nuestra expansión a El Caribe e iniciamos operaciones en Jamaica y Puerto Rico.

En el año 2011, continuamos nuestro crecimiento, llegando por primera vez a Sudamérica, concretamente a Ecuador en alianza con los Grupos Tesalia y Tropical. Ese mismo año recibimos de parte de PepsiCo el reconocimiento como Mejor Embotellador a nivel mundial. En el 2015, iniciamos operaciones en Perú con una alianza estratégica con Ambev. En el año 2016, Livsmart evoluciona a Beliv una compañía de estructura multinacional de marcas que nos permite responder en forma ágil a las tendencias de los consumidores en las categorías de bebidas funcionales y nutritivas y a su vez llegar a la base de la pirámide.¹

1.1.3. Misión

“Somos gente competitiva que crea relaciones sólidas con nuestros clientes y consumidores a través de las mejores propuestas de valor”.²

1.1.4. Visión

“Ser la mejor compañía de bebidas de las Américas, creando valor sostenible, ofreciendo a los consumidores las mejores experiencias con nuestras marcas, contribuyendo a u mundo mejor”.³

1.1.5. Valores

- “Integridad”.
- Pasión
- Talento
- Compromiso

¹ Embotelladora S.A. *Historia*. Guatemala <http://www.cbc.co>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

² Embotelladora S.A. *¿Quiénes Somos?* Guatemala <http://www.cbc.co>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

³ Embotelladora S.A. *Valores, misión y visión*. Guatemala <http://www.cbc.co>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

- Excelencia”.⁴

1.1.6. Código de ética

En Cbc nos hemos caracterizado por ser una compañía líder en la elaboración y distribución de bebidas y esto hace que nos sintamos orgullosos de los logros alcanzados. Basamos nuestro desempeño en los valores corporativos: Soñamos en grande, somos dueños, gente excelente, integridad, gestión y nos apasiona lo que hacemos. Hemos desarrollado nuestro Código de Ética para proveer a nuestros colaboradores, proveedores y público en general un documento oficial que especifique nuestro compromiso con una actuación responsable, ética, transparente y respetuosa. El futuro de nuestra compañía es alentador, pero ese esfuerzo prometedor sólo se hará realidad si todos y cada uno de nosotros cumplimos y nos adherimos al espíritu de nuestro código día a día, sin excusas, sin excepciones y sin concesiones.⁵

1.1.7. Políticas de calidad e inocuidad

Como empresa dedicada a la fabricación de bebidas carbonatas, no carbonatas y jarabes, estamos comprometidos a garantizar la calidad e inocuidad de nuestros productos, a través de la mejora continua de nuestro sistema de gestión de inocuidad, cumpliendo con los requisitos legales, del cliente y otros aplicables, manteniendo una comunicación efectiva con todas las partes interesadas.⁶

⁴ Embotelladora S.A. *Valores, misión y visión*. Guatemala <http://www.cbc.co>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.*

2. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Diagnóstico situación actual línea de producción A

La línea de producción A es una línea de producción de bebidas carbonatadas y no carbonatadas en botellas PET. Se realizó en la línea de producción una serie de entrevistas al personal operativo no estructuradas para conocer los principales problemas que se presentan en línea de producción. Por medio de observaciones y entrevistas no estructuradas al personal operativo y a gerencia se logró determinar que el problema principal que presenta la línea de producción es la baja eficiencia en el proceso productivo. Dentro de la línea de producción se utilizan varios equipos para el proceso de producción como lo son: el posicionador, etiquetador, llenadora, empacador, paletizadora y robopac. La baja eficiencia dentro de la línea de producción es causada por el excesivo tiempo que le lleva al personal realizar un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET, el gerente de producción establece un paro programado estándar para la realización del cambio de presentación de 80 minutos para realizar el cambio de presentación, este tiempo no se cumple dentro de línea de producción ya que exceden el tiempo programado para la realización del cambio de presentación, lo que genera un paro no programado dentro de la línea de producción, afectando la eficiencia de línea como también el cumplimiento de las cajas programadas mensualmente, la línea de producción está cerrando por debajo de su meta de eficiencia, por excesivo tiempo perdido en la realización de un cambio de presentación.

2.1.1. Diagrama Pareto

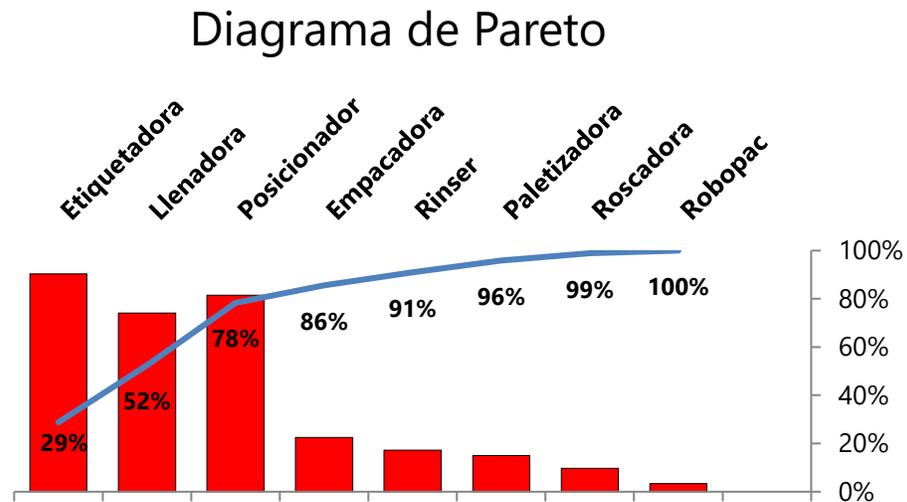
Dentro de las líneas de producción se tiene el problema de un paro no programado al momento de realizar un cambio de presentación, dentro de las líneas de producción, lo que genera un efecto que es una baja eficiencia dentro de las líneas de producción, por lo cual se realizará un diagrama de Pareto, para determinar cuáles son los equipos que generan mayor paro no programado al momento de realizar un cambio de presentación, dentro de las líneas de producción, con esto se podrá realizar un priorización de los equipos que están ocasionando el 20 % de los problemas, para solucionar el 80 % de los efectos. Para poder realizarlo, se analizó un histórico de paros no programados al momento de realizar un cambio de presentación de los últimos 2 años, como se muestra a continuación.

Figura 2. Diagrama Pareto

Variables	Paros (min)	Diferencia	%	Pareto
Etiquetadora	52 817,72	4 063,72	29 %	29 %
Llenadora	48 765,76	3 333,76	24 %	52 %
Posicionador	36 323,00	3 669,00	26 %	78 %
Empacadora	12 352,00	1 010,00	7 %	86 %
Rinser	8 765,00	778,00	6 %	91 %
Paletizadora	4 675,00	675,00	5 %	96 %
Roscadora	1 234,00	434,00	3 %	99 %
Robopac	1 654,00	154,00	1 %	100 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 3. Gráfico de Pareto

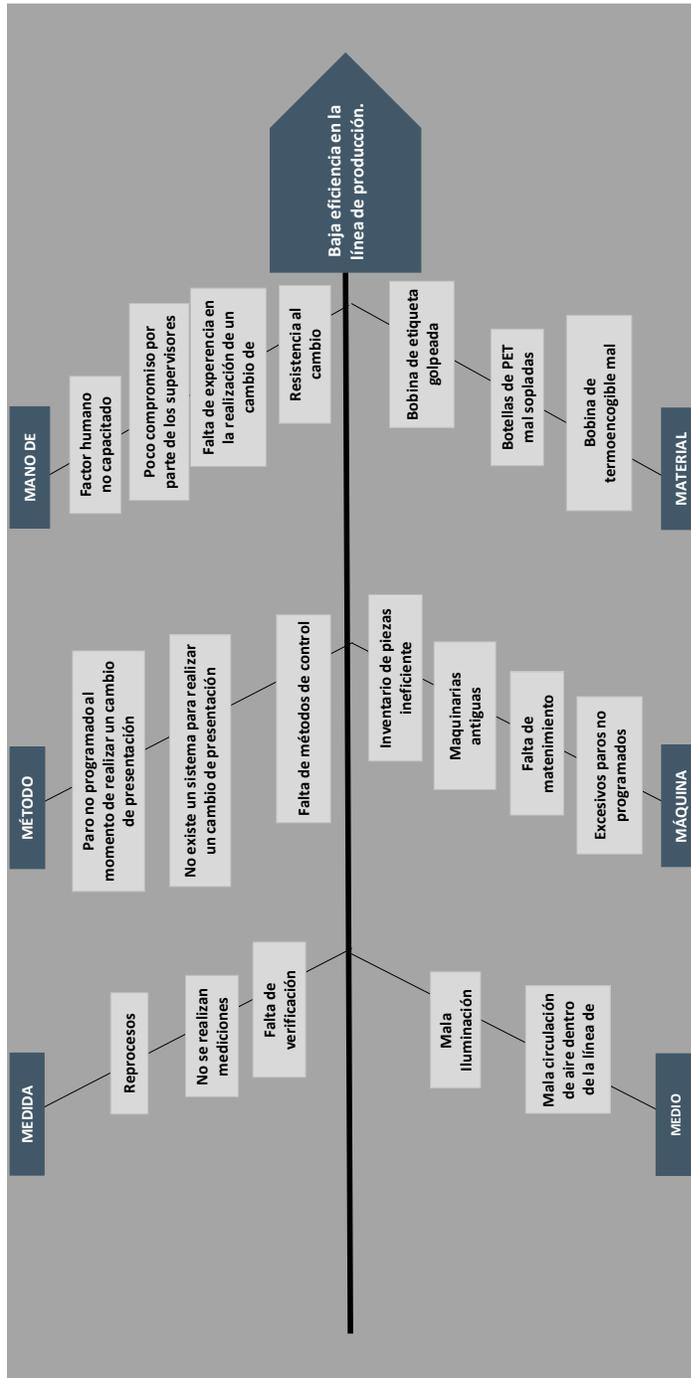


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.1.2. Diagrama Ishikawa

Las líneas de producción “A” y “B” tienen el problema del paro no programado al momento de realizar un cambio de presentación, lo cual les está generando un efecto que es la baja eficiencia en estas líneas de producción. Por lo cual se va a utilizar la herramienta de Ishikawa para lograr determinar la causa raíz, que está generando este problema. Se realizó el diagrama de Ishikawa utilizando las 6´M, las cuales son: medida, método, mano de obra, medio ambiente, máquina y material). Después de terminar de realizar el diagrama se logró determinar que la causa raíz, que está generando este problema es que no existe un sistema o procedimiento para poder realizar un cambio de presentación, a continuación, se muestra el diagrama realizado:

Figura 4. Diagrama Ishikawa

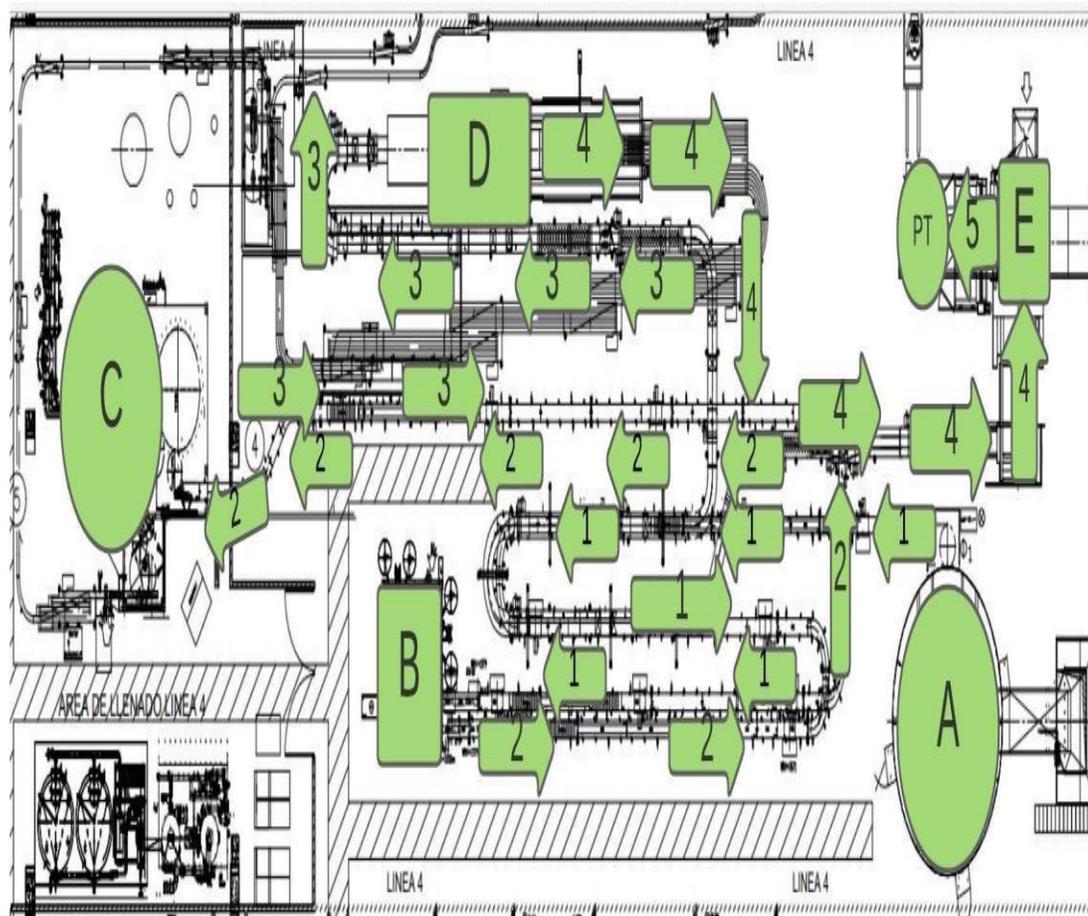


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.1.3. Diagrama de recorrido

Diagrama de recorrido del proceso de llenado en la línea de producción PET línea A, en la cual se muestran todos los equipos que se utilizan para el proceso de llenado de producto, como también el flujo del proceso productivo.

Figura 5. Diagrama de recorrido línea A



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

2.1.4. Diagrama bimanual

Es la herramienta utilizada para llevar el registro de los movimientos realizados con las extremidades, para determinar la productividad de una determinada tarea.

Figura 6. Diagrama bimanual posicionador línea A

Diagrama		Hoja 1	Diagrama Bimanual								
Dibujo y Pieza: Posicionado de botella PET			Resumen								
Operación: Cambio de presentación de botella PET											
Lugar: Planta de producción.											
Método: Actual											
Operario (s): Ficha Num.											
Compuesto por: Fecha:											
Aprobado por: Fecha:											
Descripción mano izquierda			Simbolo		Simbolo		Descripción mano derecha				
			○	⇒	D	▽	○	⇒	D	▽	
Traslado a posicionador.			x				x				Abrir compuerta superior.
Traslado a caja de herramientas.			x				x				Buscar herramientas en la caja.
Traslado a posicionador parte superior.			x				x				Traslado a posicionador parte superior.
Sostener llave 11.											Alojar tornillos de barras de nivel.
Levantar las barras de nivel, según presentación.			x				x				Levantar las barras de nivel, según presentación.
Atornillar las barras de nivel.			x				x				Atornillar las barras de nivel.
Traslado a la parte inferior del posicionador.											Abrir la parte inferior del posicionador.
Espera.											Sostiene destornillador.
Quita el tornillo de seguridad.			x				x				Quita el tornillo de seguridad.
Buscar los nuevos 36 evacuadores.											Buscar los nuevos 36 evacuadores.
Colocarlos en la repisa móvil.			x				x				Colocarlos en la repisa móvil.
Traslado a posicionador.											Traslado a posicionador.
Desmontar evacuador 1.			x				x				Desmontar evacuador 1.
Desmontar posicionador 1.			x				x				Desmontar posicionador 1.
Desmontar los 35 evacuadores.			x				x				Desmontar los 35 evacuadores.
Desmontar los 35 posicionadores.			x				x				Desmontar los 36 posicionadores.
Colocar los posicionadores en repisa móvil.			x				x				Colocar los posicionadores en repisa móvil.
Colocar los evacuadores en repisa móvil.			x				x				Colocar los evacuadores en repisa móvil.
Montar los 36 nuevos evacuadores al posicionador.			x				x				Montar los 36 nuevos evacuadores al posicionador.
Montar los 36 nuevos posicionadores.			x				x				Montar los 36 nuevos posicionadores.
Traslado a posicionador.											Quitar tornillo sinfín de estrella anterior.
Sostener estrella anterior.											Desmontar estrella anterior.
Traslado a repisa móvil.											Traslado a repisa móvil.
Traslado de estrella nueva a posicionador.			x				x				Traslado de estrella nueva a posicionador.
Sostener llave.											Colocar nueva estrella en posicionador.
Sostener estrella nueva.											Atornillar tornillo sinfín.
Traslado a panel de mando.											Ajustar velocidad de operación.
Espera.					x				x		sincronización del tiempo con estrella de salida.
Espera.						x			x		Ajuste de estrella de salida con posicionador.
Espera.						x			x		Colocar en modo automático el posicionador.
Total			13	9	4	4	25	4	0	1	Total

Fuente: elaboración propia, Microsoft Excel 2021.

2.1.5. Equipo actual en la línea de producción

Dentro de línea de producción PET se utilizan varios equipos para el proceso de envasado de bebidas carbonadas y no carbonatadas como lo son: el posicionador, etiquetador, llenadora, empacador, paletizadora y Robopac.

2.1.5.1. Posicionador

Riorder es un posicionador de envases de tipo rotativo que, partiendo de botellas de plástico a granel, permite ponerlas verticalmente, orientándolas con el cuello hacia arriba. Las botellas son seleccionadas en básculas apropiadas, verticalmente móviles y colocadas en la periferia de la máquina, separadas de las otras que están en el interior de la tolva cónica por medio de mamparas móviles.

Un sistema de visión óptica permite reconocer la orientación de las botellas, cuando están en posición horizontal, y de activar la rotación de las básculas en la dirección solicitada para hacer descender los envases con el fondo hacia abajo, en separadores rotativos. Desde ese punto, las botellas son enviadas a la línea de embotellado a través de un sistema de extracción a estrella.

Figura 7. **Posicionador**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

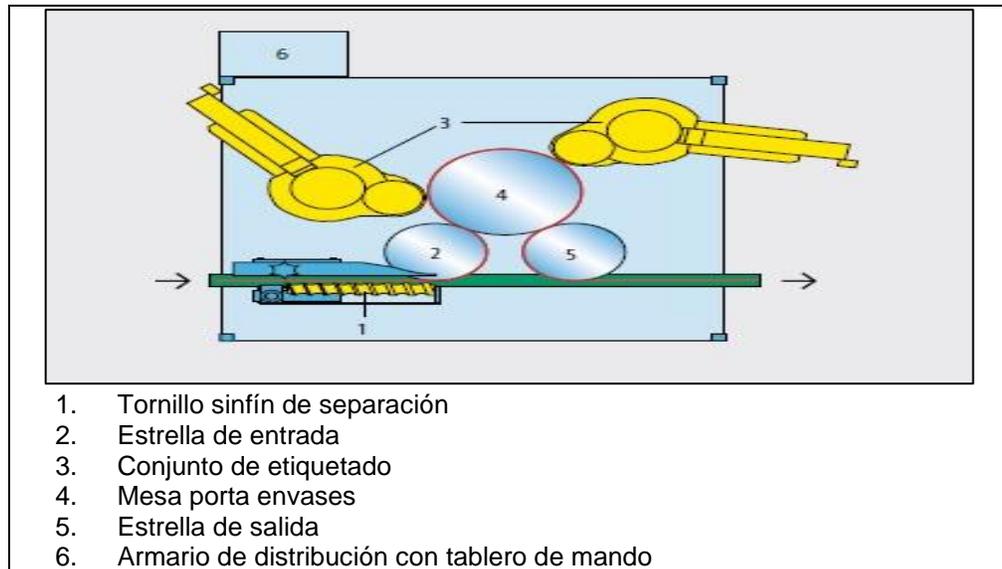
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.1.5.2. Etiquetadora

- **Funcionamiento**

La estrella de entrada entrega los envases a la mesa porta envases que gira, es aquí donde se fijan y centran entre los porta envases y las tulpas de centrado. En cada conjunto de etiquetado las paletas encoladas recubiertas de goma reciben una finísima capa de adhesivo a través del rodillo encolado de acero templado, toman las etiquetas del almacén y aplicándoles una capa de adhesivo las traspasan al cilindro de transferencia, que las posiciona con precisión en los envases que pasan en la mesa porta envases en donde las etiquetas son fijadas y alisadas mediante cepillos y rodillos con esponjas. Los envases etiquetados son tomados por la estrella de salida y entregados al transportador.

Figura 8. **Modelo de etiquetadora**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.1.5.3. **Llenadora**

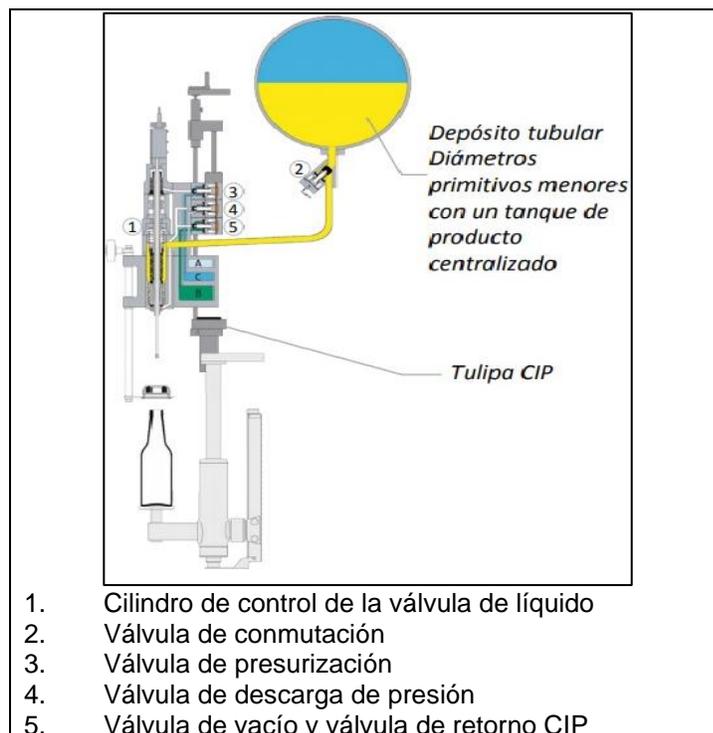
El equipo utilizado en las líneas de producción es una llenadora de 100 válvulas, para el proceso de llenado de bebidas carbonatas y no carbonatadas en las líneas de producción PET.

- **Funcionamiento**

Las botellas PET son presionadas contra la válvula y es pre evacuada varias veces. Cuando en el depósito anular y en la botella PET existe la misma presión, empieza el proceso de llenado. En este proceso se emplean 2 velocidades, garantizando un óptimo comportamiento del flujo. Cuando el líquido entrante toca la sonda instalada en el tubo de llenado, se cierra la válvula. Después de un

proceso de estabilización, la válvula de descarga reduce la presión en el espacio que queda libre en la parte superior de la botella PET y el producto sale de la máquina, para el proceso de taponado.

Figura 9. **Llenadora**



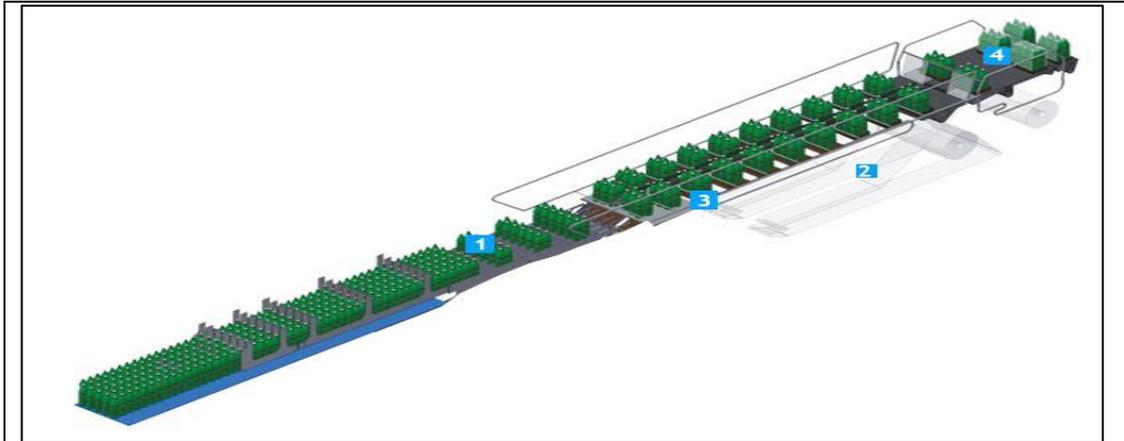
Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.1.5.4. **Empacadora**

Es la máquina encargada de agrupar en paquetes los envases de bebidas carbonatadas y no carbonatadas dentro de línea de producción.

Figura 10. **Empacadora de paquetes**



1. En la entrada de la máquina un grupo especial de guías forma correctamente los envases sueltos, conducidos por medio de un transporte de cadenas en material termoplástico de bajo coeficiente de fricción. En la zona de formación del paquete, los envases se agrupan de manera continua en el formato requerido mediante dedos y barras de separación sincronizadas electrónicamente.
2. Es la zona de almacenamiento del termoencogible utilizado para el proceso de empaquetado de los productos carbonatados y no carbonatados.
3. En esta zona se realiza la formación de los paquetes, existen 2 tipos de paquetes de 12 unidades y 6 unidades, este modelo de paquete a utilizar depende de la presentación a producir y el tipo de embalaje que se pretende utilizar.
4. Túnel de encogimiento en el cual los paquetes pasa por un horno, el cual encoge el termoencogible de los paquetes, generando un paquete más firme y así evitar que se destruya a lo largo del proceso de embalaje.

Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.1.5.5. Paletizadora

La paletizadora es una máquina cuya finalidad es la de colocar productos, de una manera estable y ordenada sobre un palé, para la formación de tarimas para el proceso de embalaje. La paletizadora es la encargada de formar las tarimas con los paquetes de bebidas pueden ser carbonatadas o no carbonatadas, esto dependerá del programa de producción.

- Riesgos específicos
 - Peligros por electricidad, asociado con cables y equipos de accionamiento eléctrico.
 - Proyección de fluidos de alta presión si se utilizan accionamientos hidráulicos o neumáticos.
 - Deslizamientos, pérdida de equilibrio y caídas desde una posición elevada.

Figura 11. **Modelo de paletizadora**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.1.5.6. Robopac

Robopac es la máquina utilizada para el proceso de embalaje de las tarimas de bebidas carbonatas y no carbonatadas. Para el proceso de embalaje se utiliza el *polystrech* colocado en el carro envolvedor automático. Se utiliza *polystrech* porque cuenta con un estiraje de 300 % lo que facilita el proceso de embalaje de las tarimas. La cantidad de vueltas que debe llevar cada tarima dependerá del tipo de bebida a producir, las bebidas carbonatas solo necesitan 23 vueltas para el proceso de embalaje, mientras que las bebidas no carbonatas utilizan 32 vueltas ya que no cuentan con CO₂, lo que provoca que la tarima sea más inestable, para contrastar este problema se realizan más vueltas en las tarimas, para dar firmeza y estabilidad a las mismas.

Figura 12. Modelo de Robopac



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.2. Descripción de la línea de producción

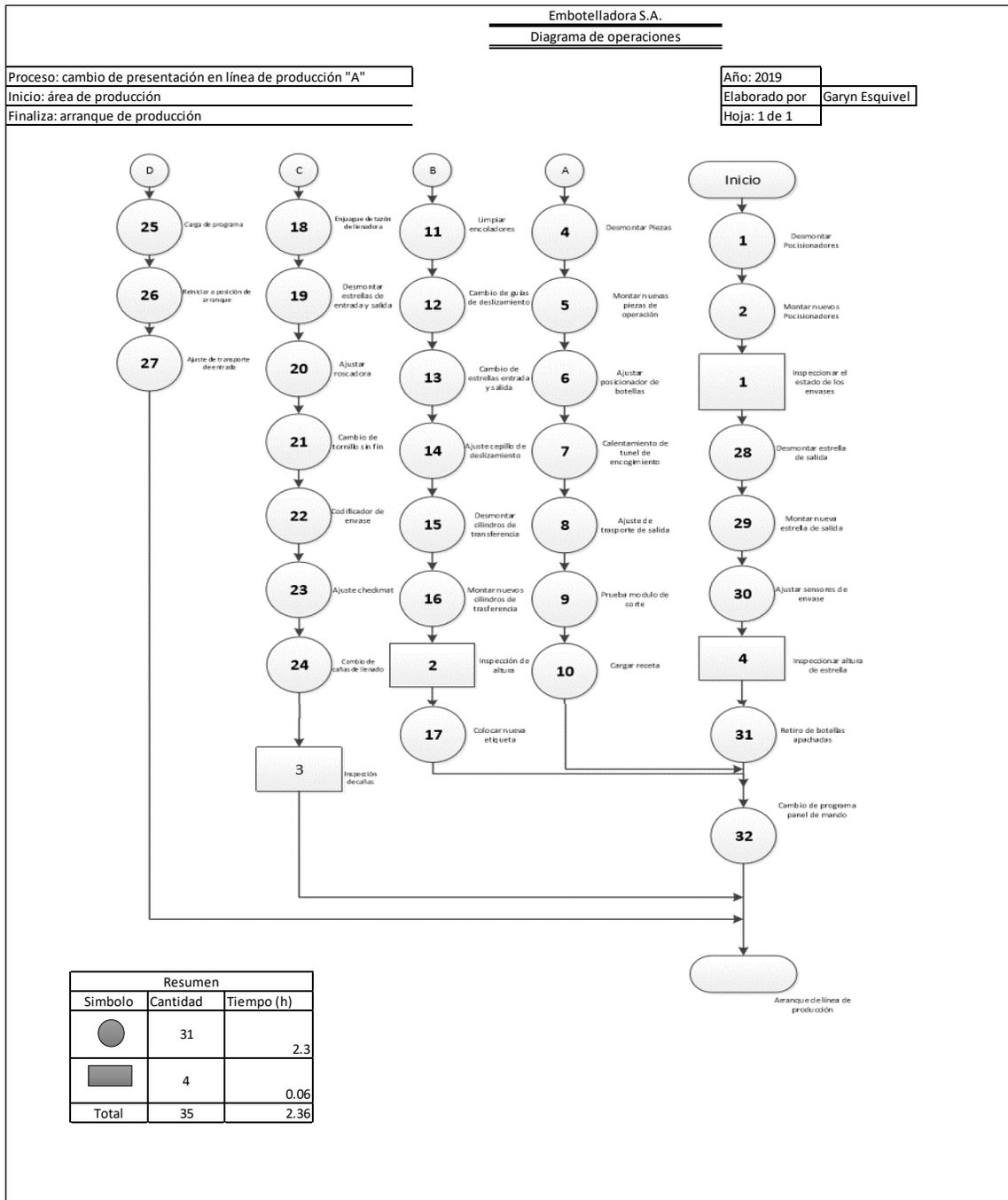
La línea de producción A es una línea de producción que se encarga de la producción de bebidas carbonatas y no carbonatadas en presentaciones que inician en 600 ml y terminan en 2 L. El proceso inicia en el posicionador, el cual, como su nombre lo indica, posiciona las botellas PET en forma vertical, las cuales son transportadas utilizando transporte aéreo, las cuales llegan a la etiquetadora en donde se coloca la etiqueta a las botellas vacías, las cuales son enviadas en transporte aéreo hacia el proceso de llenado, las botellas se lavan antes de empezar el proceso de llenado, la taponadora en la llenadora es la que coloca la tapa en la boca de la botella y realiza un cierre hermético. Finalizando el proceso de sellado de las bebidas carbonatadas se envían por transporte de mesa, utilizando bandas transportadoras al proceso de empaquetado en la cual se arma los paquetes, estos paquetes varían según la presentación que se desea producir en la línea de producción, finalmente llegan a la paletizadora la cual es la encargada de realizar las tarimas de producto para su proceso de almacenaje.

Todas las partes en contacto con las botellas y líquido están hechas de acero inoxidable y otros materiales permitidos por la FDA (Food and Drug Administration), cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura en todo el proceso productivo.

2.2.1. Diagrama de operaciones de los procesos de cambio de presentación

Para lograr realizar el estudio, lo principal es conocer los procesos actuales dentro de la línea de producción PET, para buscar la mejora dentro del proceso. Para esto, se utilizará como herramienta el diagrama de operaciones.

Figura 13. Diagrama de operaciones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

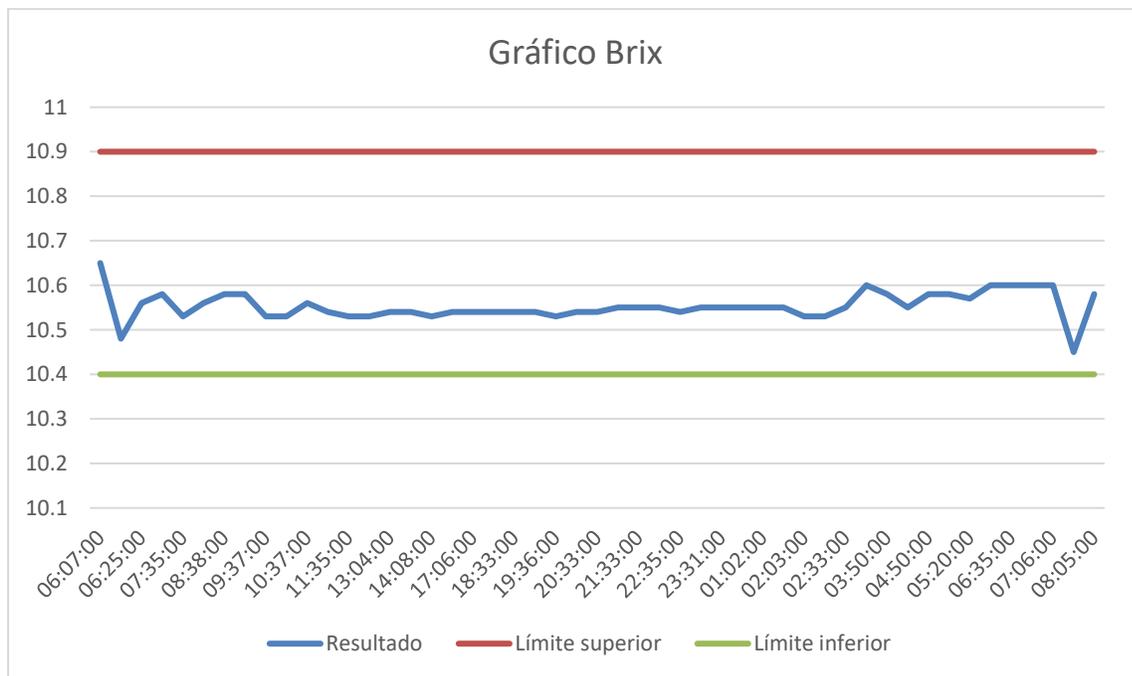
2.2.2. Controles de producción

Actualmente, existen en las líneas de producción puntos críticos (PC) y puntos críticos de control (PCC), los puntos críticos con los que cuentan las líneas de producción son 3, los cuales son: la calidad del envase, la forma del etiquetado y el nivel de la bebida carbonatada o no carbonatada después de salir de la llenadora. A continuación, se muestra la tabla de un lote de producción de 3 horas de registros en la inspección de la etiquetadora.

Los PCC de las líneas de producción se encuentra en la llenadora, el encargado de controlar estos puntos es el llenador, el cual debe hacer pruebas con la frecuencia que lo indica cada PCC, y comparar con los parámetros de operación establecidos para evitar problemas con el proceso de producción. A continuación, se muestra una tabla con las observaciones del PCC Brix realizado por los auditores de calidad en un lote de producción, como también se muestra el gráfico de control del parámetro Brix dentro de la llenadora.

Los parámetros de Brix permitidos por el área de calidad son de 10,40-10,85 este parámetro de Brix varía conforme el sabor que se está produciendo dentro de la línea de producción. A continuación, se muestra el gráfico de control obtenido con el lote de producción del parámetro Brix dentro de la llenadora.

Figura 14. **Gráfico Brix**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El gráfico de control anterior muestra el monitoreo de Brix al lote 30000079748 durante una corrida de producción, el gráfico muestra que no existieron puntos fuera de control a lo largo de todo el turno de producción, lo que garantiza que el producto es inocuo y no causará ningún daño a la salud del consumidor.

2.2.3. Controles de calidad

Se utiliza el análisis por muestreo que consiste en extraer uno o más muestras de bebidas, estas muestras tomadas son llevadas al laboratorio de calidad para su análisis específico. La aleatoriedad de las muestras es extraída en tal forma que cualquier lote tiene misma oportunidad de ser escogido.

La frecuencia con la cual se realizan estos muestreos es de cada hora, durante todo el turno de producción, cada lote de producción debe cumplir con ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por el personal de calidad y validados por personal calificado. Cuando un lote de producción no cumple con los parámetros establecidos y puede causar algún daño a la salud del consumidor, todo el lote de producción rechazado tiene que ser derramado, para llevar a cabo este proceso se contrata a una empresa encargada de realizar este derrame, dejando constancia de lo sucedido y la cantidad derramada del producto.

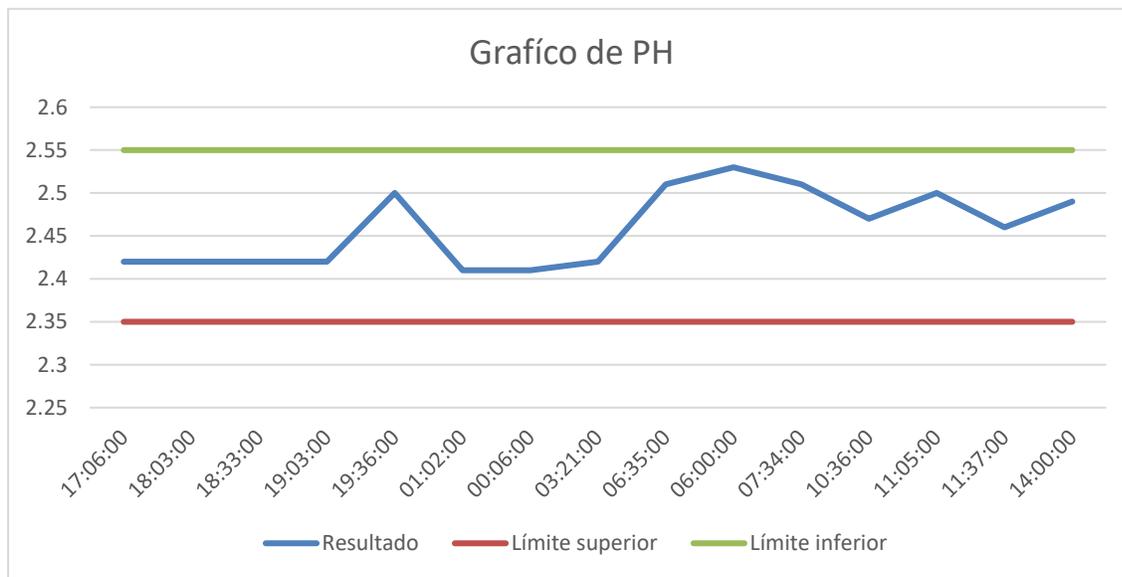
Tabla III. Registro de control de PH

Planta	Área	Línea	Tipo de muestra	Material	Lote de inspección	Punto de muestreo	Mes	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Fecha de análisis	Responsable	Análisis	Especificación	Resultado	Estatus
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	06.09.2018	17:06:00	06.09.2019	Marco G.	PH	2.35-2.55	2.42	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	06.09.2018	18:03:00	06.09.2019	Corado José	PH	2.35-2.55	2.42	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	06.09.2018	18:33:00	06.09.2019	Corado José	PH	2.35-2.55	2.42	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	06.09.2018	19:03:00	06.09.2019	Corado José	PH	2.35-2.55	2.42	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	06.09.2018	19:36:00	06.09.2019	Julio C.	PH	2.35-2.55	2.5	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	01:02:00	07.09.2019	Corado José	PH	2.35-2.55	2.41	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	00:06:00	07.09.2019	Julio C.	PH	2.35-2.55	2.41	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	03:21:00	07.09.2019	Julio C.	PH	2.35-2.55	2.42	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	06:35:00	07.09.2019	Erwin del Cid	PH	2.35-2.55	2.51	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	06:00:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.53	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	07:34:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.51	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	10:36:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.47	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	11:05:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.5	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	11:37:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.46	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea A	Envasado	Pepsi 1.5 LT PET * 12	30000079748	INSP. Llenadora	Septiembre	07.09.2018	14:00:00	07.09.2019	William Mazariegos	PH	2.35-2.55	2.49	A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Los parámetros de PH permitidos por el área de calidad son de 2,35 – 2,55 para la elaboración de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, a continuación, se muestra el gráfico de control obtenido con el lote de producción del parámetro PH dentro de la llenadora en el turno de producción.

Figura 15. **Gráfico PH**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El gráfico de control anterior muestra el monitoreo de PH al lote 30000079748 durante una corrida de producción, el gráfico muestra que no existieron puntos fuera de control a lo largo de todo el turno de producción, lo que garantiza que el producto es inocuo y no causará ningún daño a la salud del consumidor.

2.2.4. Eficiencia

Es la relación entre las horas teóricas vs las horas reales que se necesitaron para la producción de una determinada cantidad de producto. La eficiencia actual de la línea de producción PET son 48,54 % está cerrando 4,46 % por debajo de su objetivo actual que es de 53 % el problema es el excesivo tiempo en la relación de un cambio de presentación en la línea de producción PET, generando paros no programados en la línea de producción, afectando la eficiencia de la línea. La eficiencia de la línea se calcula diariamente en la línea de producción como se muestra a continuación:

$$\text{Horas Teóricas} = \frac{\text{Botellas Programadas}}{\text{Velocidad Teórica}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas Teóricas}}{\text{Horas Reales}} * 100 \%$$

2.2.4.1. Eficiencia de línea

La línea de producción tiene mensualmente horas disponibles durante el mes para realizar la producción planificada por el jefe de producción, pero no se cumple con las cajas planificadas mensualmente por la pérdida de tiempo que genera la línea de producción al momento de realizar un cambio de presentación, generando una baja en la eficiencia de la línea de 4,46 % por debajo de su objetivo mensual que es de 53,00 %. A continuación, se muestra cómo se calcula la eficiencia dentro de línea de producción, el cálculo de la eficiencia se calcula de una forma diaria, como se muestra a continuación:

- Muestra de cálculo

$$\text{Horas Teóricas} = \frac{9\,226 \text{ botellas}}{1\,250 \text{ botellas/hora}} = 7,38 \text{ Horas teóricas}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{7,38 \text{ Horas Teóricas}}{15 \text{ Horas Reales}} * 100 \% = 49,21 \%$$

En la tabla V, se muestra el histórico del último mes, de cómo fue la eficiencia dentro de la línea de producción A.

Tabla IV. **Eficiencia actual línea de producción A**

Septiembre	
Fecha	Eficiencia
1-sep	49,21 %
2-sep	51,34 %
3-sep	40,95 %
4-sep	58,67 %
5-sep	46,67 %
6-sep	82,79 %
7-sep	60,79 %
8-sep	55,79 %
9-sep	66,54 %
10-sep	59,40 %
11-sep	53,26 %
12-sep	58,67 %
13-sep	64,88 %
14-sep	59,73 %
15-sep	14,76 %
16-sep	44,02 %
17-sep	41,20 %
18-sep	50,98 %
19-sep	28,56 %
20-sep	54,06 %
21-sep	53,09 %
22-sep	57,88 %
23-sep	62,98 %
24-sep	57,59 %
25-sep	62,27 %
26-sep	66,43 %
27-sep	0,00 %
28-sep	0,00 %
29-sep	0,00 %
Total General	48,54 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.4.2. Indicador mensual de eficiencia

A continuación, se muestra el cierre mensual de la línea de producción A, por debajo de su plan mensual.

Figura 16. Indicador de eficiencia

Línea	Acumulada	Objetivo	Diferencia
Línea A	48,64 %	53,00 %	-4,46 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.5. Paros de producción

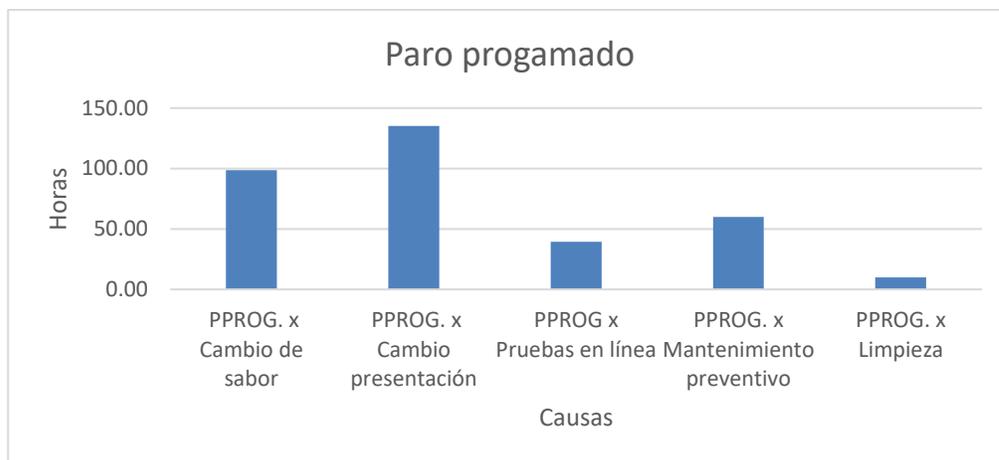
Se considera con paro dentro de la línea de producción “A” al tiempo que la maquinaria permanece parada o se detiene el proceso de producción dentro de la línea, este tipo de paros se clasifican en 2 tipos, los cuales son: los paros programados y no programados. Los paros programados son el tiempo planificado dentro del programa de producción diario en los cuales la línea permanecerá fuera de producción. Los paros programados que existen dentro de la línea de producción son: cambios de sabor, cambios de presentación, pruebas de nuevos productos, mantenimiento preventivo y limpieza. A continuación, se muestra en la tabla VI la suma de paros generados durante un mes en la línea de producción A.

Tabla V. **Paro programado línea A**

Línea A	Paro programado
Etiquetas de fila	Suma de Paros (H)
PPROG. x Cambio de Sabor	98,56
PPROG. x Cambio Presentación	135,10
PPROG x Pruebas en Línea	39,33
PPROG. x Mantenimiento Preventivo	60,00
PPROG. x Limpieza	10,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 17. **Gráfico de paro programado línea A**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.5.1. **Cambio de presentación**

Un cambio de presentación o cambio de molde se realiza en la línea de producción cuando se finaliza la cantidad de cajas programadas a producir o el pedido planificado de bebidas con un tamaño específico, y se da inicio al proceso para la elaboración de la siguiente bebida de un tamaño diferente. Como, por ejemplo, el cambio o ajuste de piezas para el proceso de producción, como las

guías posicionadoras de envase, estrellas de entrada y salida, evacuadores y posicionadores, cilindro de transferencia, entre otros.

Cada vez que se programa un cambio de presentación, se establece un paro programado de 60 minutos dentro de la línea de producción para la realización del cambio de presentación, este cambio se realiza en simultáneo en todos los equipos dentro de la línea de producción. A continuación, se muestra el resumen del tiempo que requiere cada equipo para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción “A”.

Tabla VI. **Cambio de presentación llenadora**

No.	Actividad	Tiempo (MIN)
1	Enjuague del tazón de llenadora.	25
2	Desmontar estrella de salida y entrada.	22
3	Desmontar tornillo sin fin.	8
4	Montar estrella de entrada y salida.	15
5	Montar tornillo sin fin.	12
6	Ajuste de sensores de llenado.	5
7	Verificación de cañas de llenado.	10
	TOTAL	97

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla VII. **Cambio de presentación etiquetadora**

NO	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Limpiar los 2 encolares dentro de la etiquetadora.	5
2	Quitar y lubricar tornillo sin fin y colocar de nuevo.	5
3	Cambio de guías de deslizamiento.	7
4	Cambio de estrellas de entrada y salida.	4
5	Limpiar y ajustar cepillo de deslizamiento de etiqueta.	4
6	Desmontar los 2 cilindros de transferencia.	10
7	Montar los 2 nuevos cilindros de transferencia según presentación.	20
8	Ajustar altura de transporte de entrada y salida.	3
9	Cambio de programa en panel de control.	3

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla VIII. **Cambio de presentación posicionador**

NO	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Buscar los 36 posicionadores y 36 evacuadores.	15
2	Desmontar y montar evacuadores y posicionadores de envase.	75
3	Verificar que no exista envase aplastado.	3
4	Desmontar estrella de salida.	7
5	Buscar nueva estrella según presentación.	10
6	Montar estrella en salida de posicionador.	8
7	Retiro de botellas aplastadas en la parte superior.	6
8	Ajuste de los sensores.	2
9	Cambio de programa en panel de mando.	2
10	Pruebas dentro del posicionador.	18
TOTAL		149

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla IX. **Cambio de presentación empacadora**

NO	ACTIVIDADES	TIEMPO (MIN)
1	Buscar el termoencogible a utilizar.	8
2	Desmontar las piezas.	6
3	Buscar las piezas en el almacén.	10
4	Ajustar el túnel.	5
5	Carga nueva receta.	3
6	Colocar nuevas piezas dentro de la empaquetadora.	1
7	Ajuste de transporte de salida.	10
8	Ajustar posicionador de botellas.	8
9	Prueba de módulo de corte.	6
	TOTAL	57

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla X. **Cambio de presentación paletizadora**

NO.	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)
1	Cargar programa	3
2	Reiniciar a posición de arranque	5
3	Ajuste de transporte de entrada	15
	TOTAL	23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XI. **Resumen de todos los equipos**

Equipo	Tiempo Esperado (Min)	Tiempo Real (Min)
Llenadora	60	97
Etiquetadora	60	86
Posicionador	60	149
Empacadora	60	57
Paletizadora	60	23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.5.2. Cambio de sabor

Se considera un cambio de sabor en Embotelladora, S.A. al finalizar la cantidad de cajas programadas de un determinado sabor, empezando por un proceso de enjuague en las tuberías, adicional se realiza un saneamiento a todas las tuberías para garantizar que el producto sea inocuo. Después se realiza el bombeo del jarabe terminado del siguiente sabor a la llenadora para empezar su proceso de envasado, este cambio de sabor se considera un paro programado en el cual el jefe de producción establece 30 minutos para realizar el cambio de sabor dentro de la línea de producción.

2.2.6. Costos

En Embotelladora S. A., dentro de la línea de producción PET, se realiza un costeo por producto para determinar el costo de producción, de cada producto terminado que sale de la línea de producción, para realizar este costeo se consideran varios costos, los cuales son: costos de materia prima, material de empaque, mano de obra, horas extras, horas de paro, entre otros. El aumento de alguno de estos costos genera un aumento del costo de producción, lo que genera una reducción en la utilidad del producto al momento de su comercialización.

2.2.6.1. Costo de un cambio de presentación

Con la elaboración de este análisis beneficio/costo, está representada la función de la capacidad de la línea, con el objetivo de encontrar el costo de tener la línea parada, se tomarán en cuenta todos los paros programados.

Tabla XII. **Costos Cambio Presentación 500/600 ml**

500/600 ml	Horas
Velocidad teórica	1542 botellas/hora
Horas de mantenimiento programadas	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,48 horas	74,5 horas mensuales
Costo de una botella de 500/600 ml	Q. 1,25
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XIII. **Costos cambio de presentación 750 ml**

750 ml	Horas
Velocidad teórica	1250 botellas/hora
Horas de mantenimiento programadas	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,48 horas	74,5 horas mensuales
Costo de una botella de 750 ml	Q. 1,10
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XIV. **Costos cambio de presentación 1,75 L**

1.75 L	Horas
Velocidad teórica	1720 botellas/hora
Horas de mantenimiento programadas	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,48 horas	74,5 horas mensuales
Costo de una botella de 1,75 L	Q. 1,75
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XV. **Costos cambio de presentación 2 L**

2 L	Horas
Velocidad teórica	1650 botellas/hora
Horas de mantenimiento programadas	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,48 horas	74,5 horas mensuales
Costo de una botella de 2 L	Q. 2,00
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para efectos de cálculos se tomará el mes comercial de 30 días.

$$\frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = \frac{720 \text{ horas}}{\text{mes}}$$

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + Tiempo de cambio de presentación + Lavado.

$$T = 60 \frac{h \text{ mantenimiento}}{\text{mes}} + 74,5 \frac{h \text{ cambio de presentacion}}{\text{mes}} + 10 \frac{h \text{ limpieza}}{\text{mes}}$$

$$T = 144,5 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

A continuación, se van a distribuir las horas de paro por cada hora de producción:

$$\text{Factor} = 144,5 \frac{h}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{720 \text{ horas de produccion}} = 0,200694$$

A continuación, se aplicará el factor por la velocidad teórica de cada presentación, para determinar el número de cajas que se podrían producir en el tiempo de paro:

$$\text{Botellas} = \text{Velocidad Teórica} * \text{Factor}$$

$$\text{Botellas}_{500-600\text{ml}} = 1\,542 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,200694 = 309,47 \sim 309 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Botellas}_{750 \text{ ml}} = 1\,250 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,200694 = 250,86 \sim 251 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Botellas}_{1,75\text{L}} = 1\,720 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,200694 = 345,19 \sim 345 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Botellas}_{2L} = 1\,650 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,200694 = 331,14 \sim 331 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

A continuación, se muestra las botellas que se dejan de producir mensualmente dentro de Embotelladora S. A., por el paro no programado generado dentro de la línea de producción "A".

$$\text{Botellas}_{500-600} = 309 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 74,5_{\text{horas cambio pres}} = 23\,021_{\text{botellas mensuales}}$$

$$\text{Botellas}_{750} = 251 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 74,5_{\text{horas cambio pres}} = 18,700_{\text{botellas mensuales}}$$

$$\text{Botellas}_{1,75L} = 345 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 74,5_{\text{horas cambio pres}} = 25,703_{\text{botellas mensuales}}$$

$$\text{Botellas}_{2L} = 331 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 74,5_{\text{horas cambio pres}} = 24\,660_{\text{botellas mensuales}}$$

Donde el costo de la línea parada C, para cada una de las presentaciones, es la siguiente:

$$C_{500-600} = \frac{23\,021 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,25}{\text{bot}} = Q. 28\,775,63/\text{mensual}$$

$$C_{750} = \frac{18,700 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,10}{\text{bot}} = Q. 20\,569,45/\text{mensual}$$

$$C_{1,75L} = \frac{25\,703 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,75}{\text{bot}} = Q. 44\,979,38/\text{mensual}$$

$$C_{2L} = \frac{24\,660 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,00}{\text{bot}} = Q. 49\,319/\text{mensuales}$$

Costo total C_T por la línea parada

$$C_T = C_{500-600} + C_{750} + C_{1,75L} + C_{2L}$$

$$C_T = Q. 28\,775,63 + Q. 20\,569,45 + Q. 44\,979,38 + Q. 49\,319$$

$$C_T = Q. 143\,643,45/\text{mensual}$$

2.2.7. Paros no programados

Este es el tiempo que se pierde porque existe alguna falla que no está prevista y estas fallas son ocasionadas por alguna mala gestión o falla en la maquinaria utilizada en las líneas de producción.

2.2.7.1. Paros operativos

Este ocurre cuando los técnicos especialistas que operan las máquinas no realizan sus acciones de forma adecuada en el proceso productivo, lo genera hacer ajuste y que las máquinas se detengan hasta solucionar el problema operativo del equipo. Las líneas de producción PET cuentan con los siguientes equipos de producción.

- Posicionador
- Etiquetadora
- Llenadora
- Empacadora

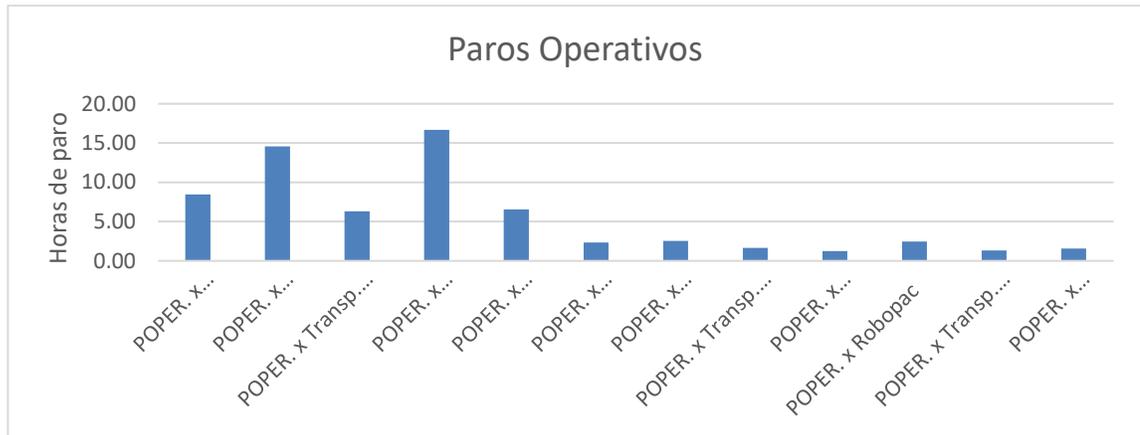
- Paletizadora
- Robopac
- Transporte de botella vacía
- Rinser
- Transporte de botella llena
- Alimentador de tapa
- Roscadora
- Transporte de paquetes

Tabla XVI. **Paros operativos mensuales**

Línea A	Paros operativos
Etiquetas de fila	Suma de Paros (H)
POPER. x Llenadora	8,45
POPER. x Etiquetadora	14,56
POPER. x Transp. Botella Vacía	6,32
POPER. x Posicionador Envase	16,67
POPER. x Empacadora	6,56
POPER. x Enjuagador (rinser)	2,32
POPER. x Paletizadora	2,56
POPER. x Transp. Botella Llena	1,67
POPER. x Alimentador de Tapas	1,23
POPER. x Robopac	2,45
POPER. x Transp. Paquetes	1,34
POPER. x Roscadora	1,56
Total	65,69

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 18. **Gráfico de paros operativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.7.2. **Paros mecánicos**

Este tipo de paro ocurre cuando la maquinaria o equipo fallan en el proceso productivo, lo que provoca un paro en la producción, por las reparaciones que se deben hacer a los equipos, para que puedan funcionar nuevamente.

A continuación, se detallan los posibles paros mecánicos por equipos dentro de la línea de producción "A".

2.2.7.2.1. **Llenadora**

- Limpieza general de mangueras de aire.
- Limpieza general de mangueras de aceite.
- Lubricación de chumaceras.
- Verificación del estado de las cañas.
- Limpieza y revisión del estado de las poleas y fajas.

- Cambio de mangueras de aire comprimido.
- Colocar nueva electroválvula en la línea de nitrógeno.
- Limpieza de las válvulas de llenado.

2.2.7.2.2. Etiquetadora

- Cambio de aceite a las cajas reductoras dentro de la etiquetadora.
- Reparar fuga de aire en cilindro de transferencia, la fuga de presión provoca un mal etiquetado.
- Limpieza general de máquinas y transportes.
- Limpieza bomba de pegamento.
- Cambio de estrellas de entrada y salida por desgaste.
- Alineación de carrusel.
- Limpieza de porta bobinas.

2.2.7.2.3. Rinser

- Controlar el nivel de aceite.
- Limpieza máquina general.
- Limpiar husillos de ajuste.
- Lubricación caja de engranajes.
- Engrase de rodos.
- Lubricación de cadenas.

2.2.7.2.4. Empacadora

- Lubricación del equipo.
- Lubricación de chumaceras.

- Limpieza del horno de calentamiento.
- Lubricación de módulo de corte.
- Cambio de cojinetes.
- Lubricación de cadenas de transporte.

2.2.7.2.5. Paletizadora

- Limpieza con líquido removedor del sistema.
- Cambio de boquillas dañadas.
- Lubricación de rodos.
- Lubricación de cadenas de transmisión.

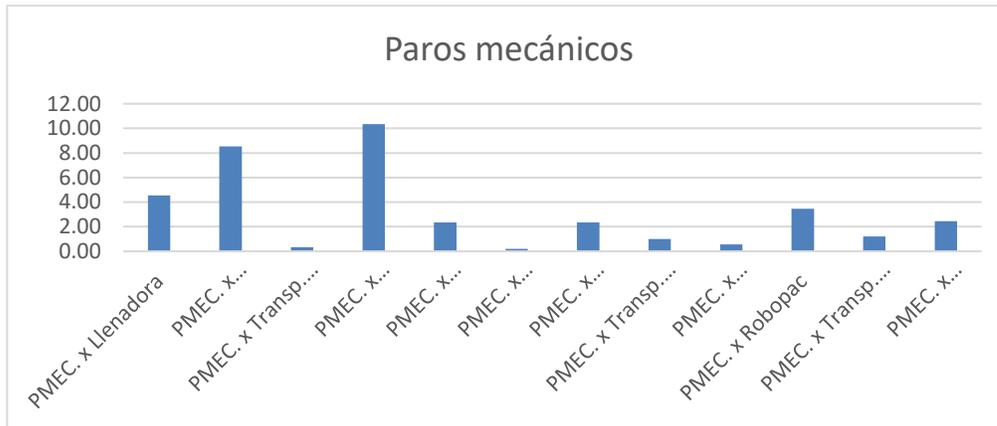
A continuación, se muestra un resumen del tiempo de paros mecánicos por equipo dentro de la línea de producción de un mes, el cual suma 37,35 horas de paro, como se muestra a continuación.

Tabla XVII. **Paros mecánicos**

Línea A	Paros mecánicos
Etiquetas de fila	Suma de Paros (H)
PMEC. x Llenadora	4,56
PMEC. x Etiquetadora	8,54
PMEC. x Transp. Botella Vacía	0,33
PMEC. x Posicionador Envase	10,34
PMEC. x Empacadora	2,34
PMEC. x Enjuagador (rinser)	0,21
PMEC. x Paletizadora	2,34
PMEC. x Transp. Botella Llena	1,01
PMEC. x Alimentador de Tapas	0,56
PMEC. x Robopac	3,45
PMEC. x Transp. Paquetes	1,22
PMEC. x Roscadora	2,45
Total	37,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 19. **Gráfico de paros mecánicos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.2.7.3. Paros electromecánicos

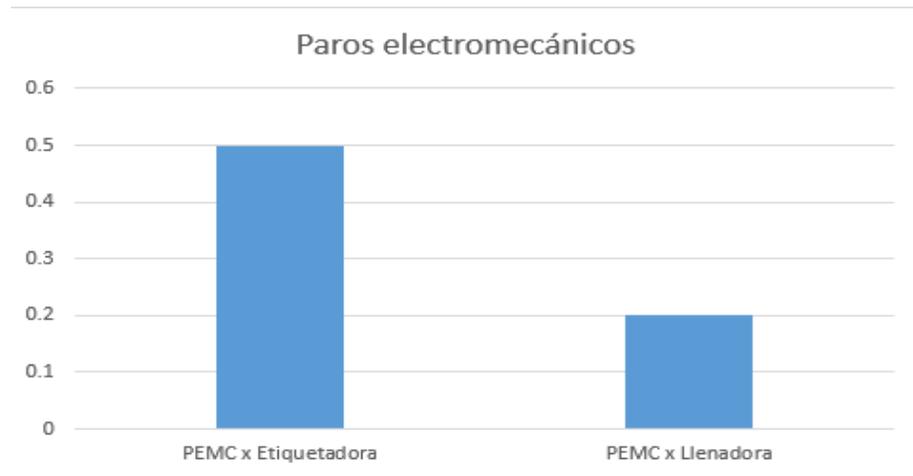
Este tipo de paro no es muy frecuente en las líneas de producción, pero ocurre cuando los equipos tienen una falla de programación o existe una falla en los paneles eléctricos, solo se presentaron 2 paros electromecánicos en el mes, el primero fue en la etiquetadora, el segundo fue en la llenadora, a continuación, se muestra el tiempo de paro generado por paros electromecánicos en el mes

Tabla XVIII. **Paros electromecánicos**

Línea A	Paros Electromecánicos
Paros	Suma de paros (H)
PEMC x Etiquetadora	0,5
PEMC x Llenadora	0,2
Total	0,7

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 20. **Gráfico paros electromecánicos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.3. Diagnóstico de situación actual línea de producción B

La línea de producción B es una línea de producción de bebidas carbonatadas y no carbonatadas en botellas PET. Dentro de la línea de producción se realizaron entrevistas al personal operativo no estructuradas para conocer los principales problemas que se presentan en línea de producción. Por medio de observaciones y entrevistas no estructuradas al personal operativo y a gerencia, se logró determinar que el problema principal que presenta línea de producción es la baja eficiencia en proceso productivo. Dentro de la línea de producción se utilizan varias maquinarias para realizar el proceso productivo, como lo son: el posicionador, etiquetador, llenadora, empacador, paletizadora y Robopac.

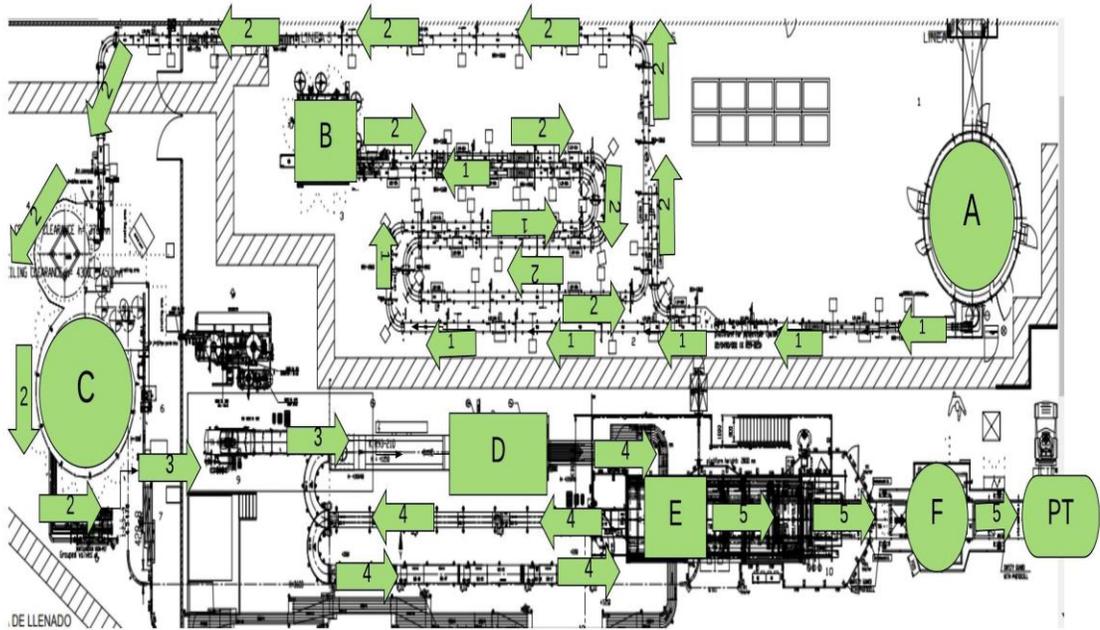
La baja eficiencia dentro de la línea de producción es causada por el excesivo tiempo que le lleva al personal realizar un cambio de presentación

dentro de la línea de producción B, el gerente de producción establece un paro programado estándar para la realización del cambio de presentación de 80 minutos para realizar el cambio de presentación, este tiempo no se cumple dentro de la línea de producción ya que exceden el tiempo programado para la realización del cambio de presentación, lo que genera un paro no programado dentro de la línea de producción, afectando la eficiencia de la línea de producción B, como consecuencia de este paro no programado ocasionado por el excesivo tiempo en la realización de un cambio de presentación, no se está cumpliendo con las cantidades de cajas programadas mensualmente a la línea de producción

2.3.1. Diagrama de recorrido

Se estableció un diagrama de recorrido dentro de la línea de producción B, para establecer el flujo con el cual se está estableciendo el proceso de envasado dentro de la línea de producción B y determinar si existe algún reproceso que pueda causar demoras en el proceso de producción.

Figura 21. Diagrama de recorrido línea B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

Diagrama de recorrido del proceso de llenado en la línea de producción PET línea B, en la cual se muestran todos los equipos que se utilizan para el proceso de llenado de producto, como también el flujo del proceso desde el inicio en la línea de producción con botellas vacías hasta finalizar con el proceso de embalaje del producto terminado.

2.3.2. Diagrama bimanual

Es la herramienta utilizada para llevar el registro de los movimientos realizados con las extremidades, para determinar la productividad de una determinada tarea.

Figura 22. Diagrama bimanual etiquetadora línea B

Diagrama		Hoja 1		Diagrama Bimanual											
Dibujo y Pieza: Etiquetado de botella				Resumen											
Operación: Etiquetado de botella															
Lugar: Planta de producción															
Método: Actual				Etiqueta											
Operario (s): Ficha numero				Envase											
Compuesto por: Fecha:				Símbolo											
Aprobado por: Fecha:				Símbolo											
Descripción Mano Izquierda				●	→	D	▽	●	→	D	▽	Descripción Mano Derecha			
Va hacia la repisa.					x				x			Repisa de cilindros de transferencia.			
Toma base del cilindro.					x				x			Toma 1 cilindro de transferencia.			
Traslado a caja de herramientas.					x				x			Traslado a repisa con limpia contacto.			
Espera.												Limpia el cilindro de transferencia.			
Traslado a etiquetadora.					x				x			Traslado de cilindro de transferencia a etiquetadora.			
Traslado a caja de herramientas.					x				x			Traslado a etiquetadora con herramientas.			
Espera.												Quitar tornillo.			
Espera.												Sacar cilindro de transferencia anterior.			
Colocar cilindro en mesa.					x				x			Colocar cilindro en mesa.			
Tomar cilindro de transferencia.					x				x			Traslado a etiquetadora.			
Colocar cilindro de transferencia en etiquetadora.				x					x			Colocar cilindro de transferencia en etiquetadora.			
Sostener cilindro de transferencia.												Atornillar cilindro de transferencia.			
Traslado a tarima de etiquetas.					x				x			Tomar 4 rollos de etiqueta.			
Traslado a etiquetadora.					x				x			Colocar 1 rollo de etiqueta en porta bobina 1.			
Tomar 1 rollo de etiqueta.				x					x			Colocar en porta bobina auxiliar 1.			
Traslado a porta bobina 2.					x				x			Colocar 1 rollo de etiqueta en porta bobina 2.			
Tomar 1 rollo de etiqueta.					x				x			Colocar en porta bobina auxiliar 2.			
Traslado a panel de mando.					x				x			Colocar parámetros de operación.			
Colocar etiqueta, para el proceso de etiquetado.				x					x			Colocar etiqueta para el proceso de etiquetado.			
Traslado a porta bobina 2.					x				x			Colocar etiqueta para el proceso de etiquetado.			
Traslado dentro de la etiquetadora.					x				x			Traslado a porta bobina 2.			
Tomar mando manual.				x					x			Ajustar etiqueta en cilindro.			
Oprimir el botón de marcha en mando manual.				x					x			Quitar etiqueta mal posicionada.			
Espera.				x					x			Alinear la etiqueta dentro del cilindro de transferencia.			
Espera.				x					x			Colocar ganchos de seguridad.			
Espera.				x					x			Colocar pegamento en depósito.			
Espera.				x					x			Probar etiquetado en botella vacía.			
Traslado a transporte.					x				x			Revisar las botellas etiquetadas, que cumplan los parámetros.			
Traslado a etiquetadora.					x				x			Inicio al proceso de etiquetado en panel de mando.			
Total				10	14	3	2	20	9	0	0	Total			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.3.3. Equipo actual en la línea de producción

Dentro de la línea de producción B, se utilizan varios equipos para el proceso de envasado de bebidas carbonadas y no carbonatadas, como lo son: el posicionador, etiquetador, llenadora, empacador, paletizadora y Robopac.

2.3.3.1. Posicionador

Riorder es un posicionador de envases de tipo rotativo que, partiendo de botellas de plástico a granel, permite ponerlas verticalmente, orientándolas con el cuello hacia arriba. Las botellas son seleccionadas en básculas apropiadas, verticalmente móviles y colocadas en la periferia de la máquina, separadas de las otras que están en el interior de la tolva cónica por medio de mamparas móviles.

Un sistema de visión óptica permite reconocer la orientación de las botellas, cuando están en posición horizontal, y de activar la rotación de las básculas en la dirección solicitada para hacer descender los envases con el fondo hacia abajo, en separadores rotativos. Desde ese punto, las botellas son enviadas a la línea de embotellado a través de un sistema de extracción a estrella.

Figura 23. Posicionador



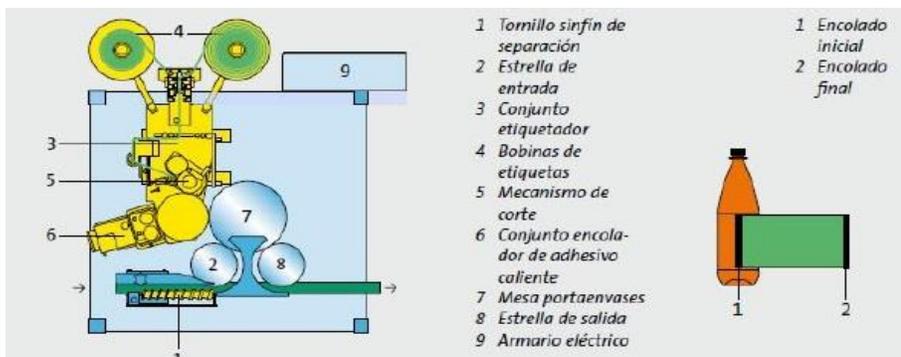
Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.3.3.2. Etiquetadora

Esta máquina ha sido concebida como modelo rotativo y dispone de un conjunto de etiquetado que trabaja con precisión, corta las etiquetas de film de plástico y las aplica en los envases con adhesivo caliente.

Figura 24. **Etiquetadora**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Mediante el mecanismo de corte, las etiquetas son cortadas con precisión, el ordenador y el servomotor garantizan que se mantenga exactamente la posición de corte. Dos franjas delgadas de adhesivo termofusible aplicadas mediante rodillo encolador en el principio y en el final de la etiqueta permiten pegarlos.

Con la franja de adhesivo aplicada al principio, la etiqueta es trasladada al envase que gira sobre sí mismo. Esta franja de adhesivo permite simultáneamente el posicionado exacto de la etiqueta, haciendo imposible un desplazamiento. Gracias a la rotación del envase, la etiqueta se aplica de forma tensa.

2.3.3.3. Llenadora

La llenadora, como su nombre lo indica, es la máquina utilizada para introducir el producto dentro de la botella. Esta máquina es operada por una persona, consta de un panel de control fácil de utilizar, tiene un diseño higiénico y fácil de entender.

Figura 25. Llenadora



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Esta máquina combina las ventajas de un sistema mecánico robusto con la flexibilidad de un mando electroneumático. Este sistema de llenado por nivel constante de tubo corto permite programar todos los pasos del proceso de llenado de forma sencilla e individual, ajustándolos, de forma específica, a la combinación de producto y envase respectivos.

2.3.3.4. Empaquetadora

La empaquetadora, totalmente automática, se ajusta con gran facilidad a todas las tendencias de embalaje convencionales y nuevas. Esta es la máquina que arma las botellas terminadas en paquetes de a seis, ocho, o lo que se programe, para hacerlas pasar luego a la empacadora.

Esta máquina permite que los paquetes vayan bien colocados y seguros, y esto es conveniente para su traslado hacia el centro de despacho o hacia el consumidor final.

Figura 26. Empaquetadora



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

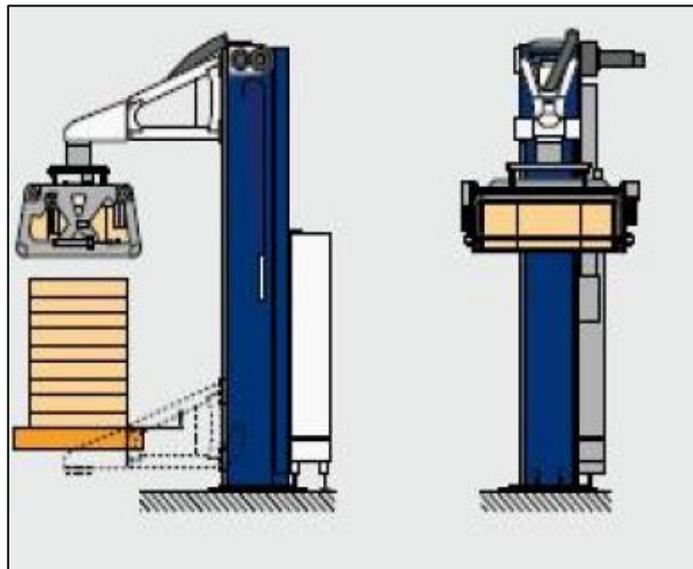
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.3.3.5. Paletizadora

El robot paletizador consiste en un sistema modular, cuyos elementos se pueden combinar según las exigencias individuales. Sirve para armar las tarimas de producto terminado, arrastrando los paquetes que vienen de la empacadora y los ajusta mediante fleje de *polystrech*.

Esta máquina de una sola columna ocupa poco espacio y conceden el máximo de libertad aun reduciendo al mínimo sus exigencias. En el soporte está fijado un cabezal de agarre. El cabezal agarra la capa de embalajes de la estación de agrupación o del *palet*. Gracias al servo accionamiento, es posible desplazarse de forma altamente dinámica hacia las posiciones de recogida y colocación. El porta-cabezales transporta la capa a la posición donde se deposita sobre el *palet* o a la salida de embalajes.

Figura 27. Paletizadora



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.3.3.6. Robopac

Robopac es la máquina utilizada para el proceso de embalaje de las tarimas de bebidas carbonatas y no carbonatadas. Para el proceso de embalaje se utiliza el *polystrech* colocado en el carro envolvedor automático. Se utiliza *polystrech* porque cuenta con un estiraje de 300 %, lo que facilita el proceso de embalaje de las tarimas. La cantidad de vueltas que debe llevar cada tarima dependerá del tipo de bebida a producir, las bebidas carbonatas solo necesitan 23 vueltas para el proceso de embalaje, mientras que las bebidas no carbonatas utilizan 32 vueltas ya que no cuenta con CO₂, lo que provoca que la tarima sea más inestable, para contrastar este problema se realizan más vueltas en las tarimas, para dar firmeza y estabilidad a las mismas.

Figura 28. Robopac



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

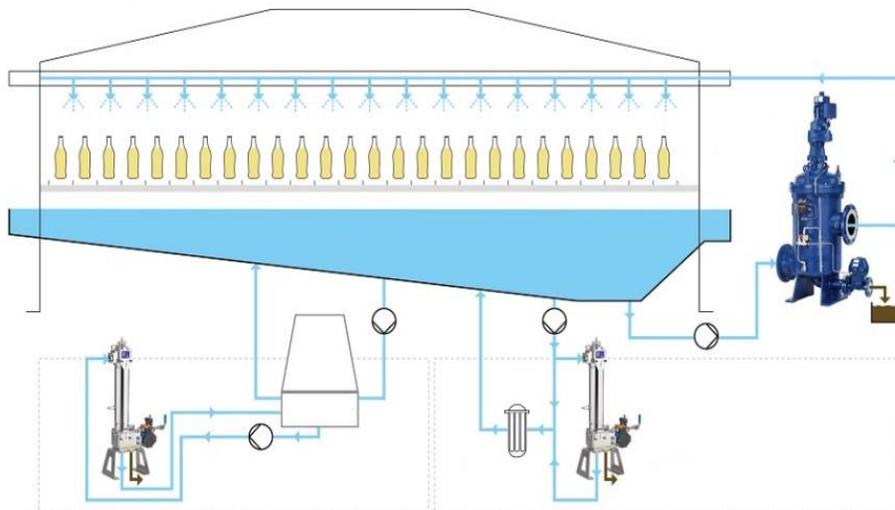
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.3.3.7. Pasteurizador

El pasteurizador es un gran gabinete de acero inoxidable. Los frascos llenos y cerrados están entrando en el transportador desde un lado de la carcasa (las botellas pueden colocarse en cajas o paletas) y el otro lado están dejando el pasteurizador enfriado con agua fría a la temperatura inicial de aproximadamente 20 °C.

Las botellas calentadas, llenas a la temperatura deseada, comienzan después de entrar en la primera sección del pasteurizador. Gradualmente, a medida que los contenedores pasan a través del pasteurizador, la temperatura se eleva hasta la temperatura de pasteurización de 80-90 °C. La bebida se mantiene a esta temperatura después de un cierto período. Después de la terminación de las botellas de pasteurización en frío y dejando el pasteurizador.

Figura 29. Pasteurizador



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.4. Descripción de la línea de producción

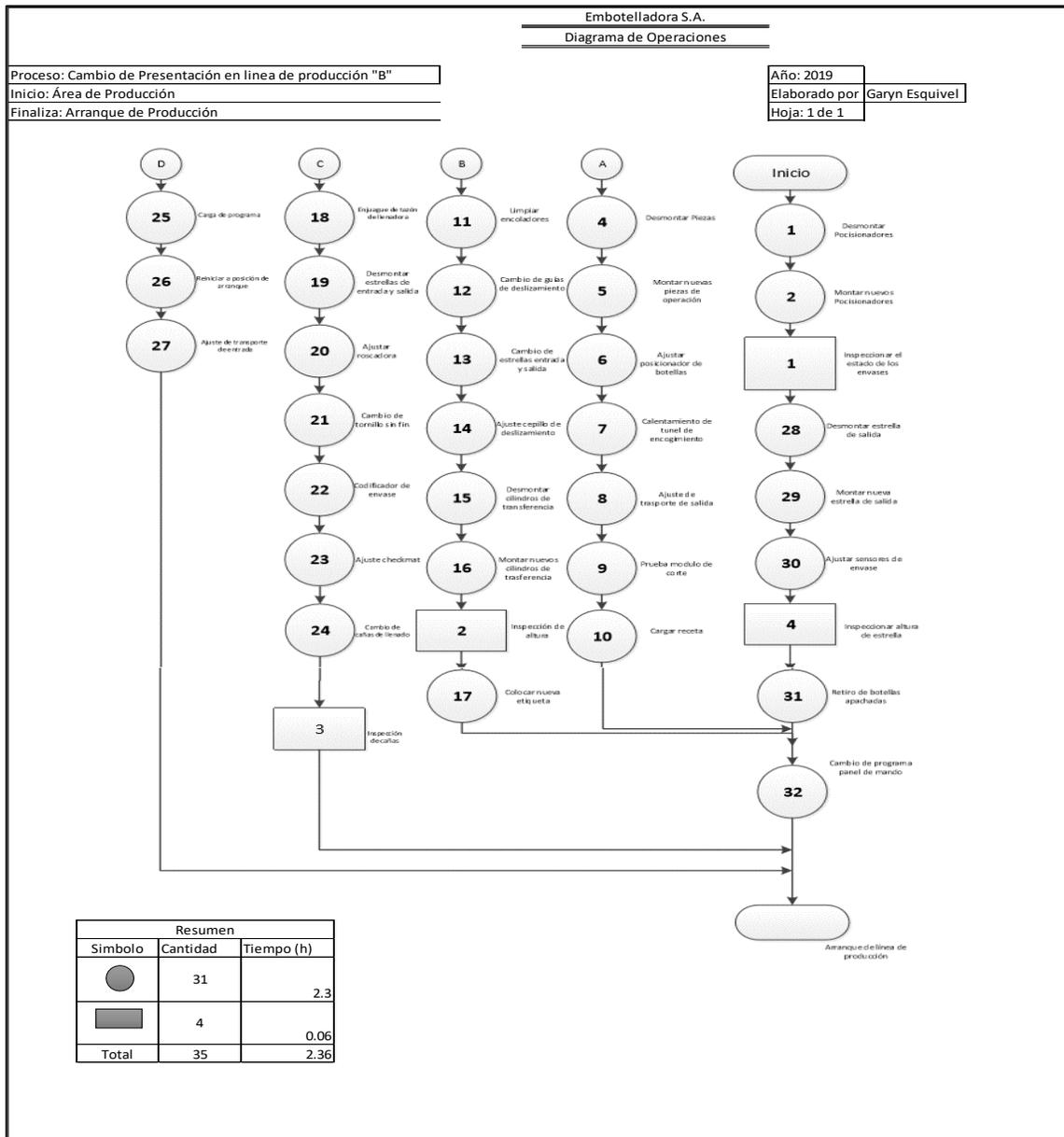
La línea de producción B es una línea de producción que se encarga de la producción de bebidas carbonatas y no carbonatadas, en presentaciones que inician en 2,5 litros y terminan en 3,3 L. El proceso inicia en el posicionador el cual posiciona las botellas PET en forma vertical, las cuales son transportadas utilizando transporte aéreo, estas llegan a la etiquetadora en donde se coloca la etiqueta a las botellas vacías, las cuales son enviadas en transporte aéreo hacia el proceso de llenado, las botellas se lavan antes de empezar el proceso de llenado, la taponadora en la llenadora es la que le coloca la tapa en la boca de la botella y realiza un cierre hermético. Finalizando el proceso de sellado de las bebidas carbonatadas, estas se envían por transporte de mesa, utilizando bandas transportadoras al proceso de empaquetado en el cual se arman los paquetes, estos paquetes varían según la presentación que se desea producir en la línea de producción, finalmente llegan a la paletizadora, la cual es la encargada de realizar las tarimas de producto para su proceso de almacenaje.

Todas las partes en contacto con las botellas y líquido están hechos de acero inoxidable y otros materiales permitidos por FDA (Food and Drug Administration) cumpliendo con las buenas prácticas de manufactura en todo el proceso productivo.

2.4.1. Diagrama de operaciones de los procesos de un cambio de presentación

Para lograr realizar el estudio, lo principal es conocer los procesos actuales dentro de la línea de producción PET, para buscar la mejora dentro del proceso. Para esto se utilizará como herramienta el diagrama de operaciones.

Figura 30. Diagrama de Operaciones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

2.4.2. Control de producción

Actualmente, existen en las líneas de producción puntos críticos (PC) y puntos críticos de control (PCC), los puntos críticos con los que cuentan las líneas de producción son 3, los cuales son: la calidad del envase, la forma del etiquetado y el nivel de la bebida carbonatada o no carbonatada después de salir de la llenadora. Los PCC de las líneas de producción se encuentran en la llenadora, el encargado de controlar estos puntos es el llenador, el cual debe hacer pruebas con la frecuencia que lo indica cada PCC, y comparar con los parámetros de operación establecidos para evitar problemas con el proceso de producción.

Los PCC de las líneas de producción B se encuentran en la llenadora, el encargado de controlar estos puntos es el llenador, el cual debe hacer pruebas con la frecuencia que lo indica cada PCC, y comparar con los parámetros de operación establecidos, para evitar problemas con el proceso de producción. A continuación, se muestra una tabla con las observaciones del PCC Brix realizado por los auditores de calidad en un lote de producción, como también se muestra el gráfico de control del parámetro Brix dentro de la llenadora.

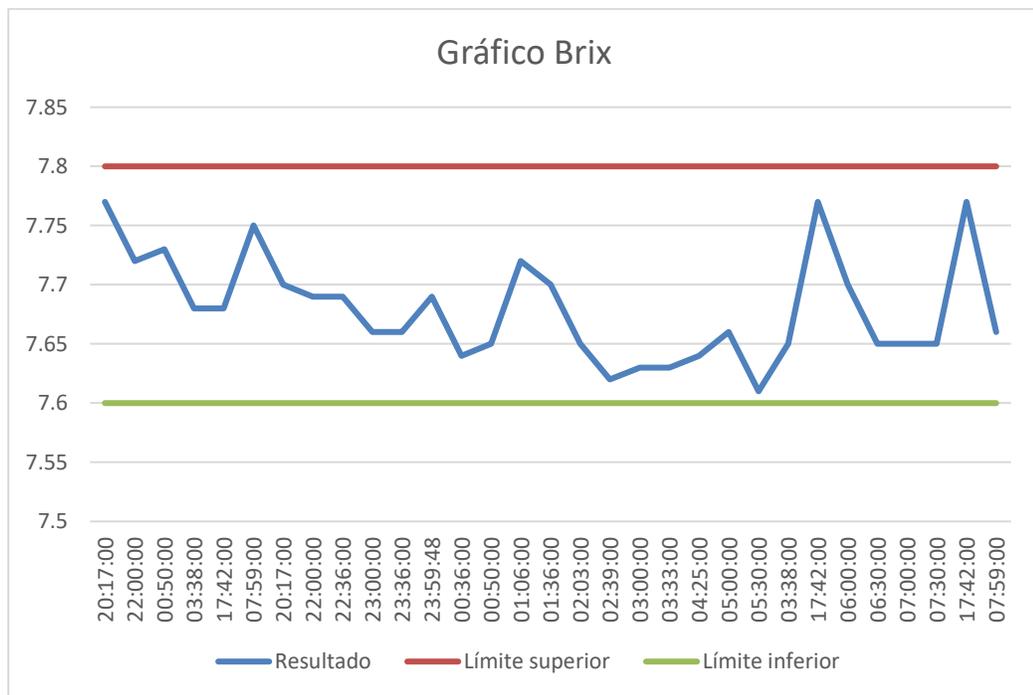
Tabla XX. Registros Brix

Planta	Área	Línea	Tipo de mue.	Material	Lote de inspecc	Punto de muestre	Mes	Fecha de mue	Hora de muestre	Responsabl	Análisis	Especificac	Resultado	Estatus
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	17:42:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.77	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	18:00:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.72	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	18:37:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.73	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	20:17:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.68	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	20:38:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.68	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	21:30:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.75	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	20:17:00	JULIO C.	BRIX	7.60-7.80	7.7	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	22:00:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.69	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	22:36:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.69	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	23:00:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.66	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	23:36:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.66	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	23:59:48	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.69	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	00:36:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.64	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	00:50:00	JULIO C.	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	01:06:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.72	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	01:36:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.7	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	02:03:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	02:39:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.62	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	03:00:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.63	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	03:33:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.63	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	04:25:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.64	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	05:00:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.66	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	05:30:00	WALTER M	BRIX	7.60-7.80	7.61	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	03:38:00	JULIO C.	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	17:42:00	EDYN ROJAS	BRIX	7.60-7.80	7.77	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	06:00:00	EDYN ROJAS	BRIX	7.60-7.80	7.7	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	06:30:00	EDYN ROJAS	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	07:00:00	EDYN ROJAS	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	07:30:00	EDYN ROJAS	BRIX	7.60-7.80	7.65	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	04.09.2018	17:42:00	MARCO G.	BRIX	7.60-7.80	7.77	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	Seven Up 3000 ML PET * 6	30000079851	INSP. LLENADORA	Septiembre	05.09.2018	07:59:00	ARNULFO G.	BRIX	7.60-7.80	7.66	A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Los parámetros de brix permitidos por el área de calidad son de 7,60- 7,80 este parámetro de brix varia conforme el sabor que se está produciendo dentro de la línea de producción. A continuación, se muestra el gráfico de control obtenido con el lote de producción del parámetro Brix dentro de la llenadora.

Figura 31. **Gráfico Brix**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El gráfico de control anterior muestra el monitorio de Brix al lote 30000079851 durante una corrida de producción, el gráfico muestra que no existieron puntos fuera de control a lo largo de todo el turno de producción, lo que garantiza que el producto es inocuo y no causará ningún daño a la salud del consumidor.

2.4.3. Control de calidad

Se utiliza el análisis por muestreo que consiste en extraer uno o más muestras de bebidas, estas muestras tomadas son llevadas al laboratorio de calidad para su análisis específico. La aleatoriedad de las muestras es extraída de tal forma que cualquier lote tiene la misma oportunidad de ser escogido.

La frecuencia con la cual se realizan estos muestreos es de cada hora, durante todo el turno de producción, cada lote de producción debe cumplir con ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por el personal de calidad y validados por personal calificado. Cuando un lote de producción no cumple con los parámetros establecidos y puede causar algún daño a la salud del consumidor, todo el lote de producción rechazado tiene que ser derramado, para llevar a cabo este proceso se contrata a una empresa encargada de realizar este derrame, dejando constancia de lo sucedido y la cantidad derramada del producto.

Tabla XXI. Registro de control PH

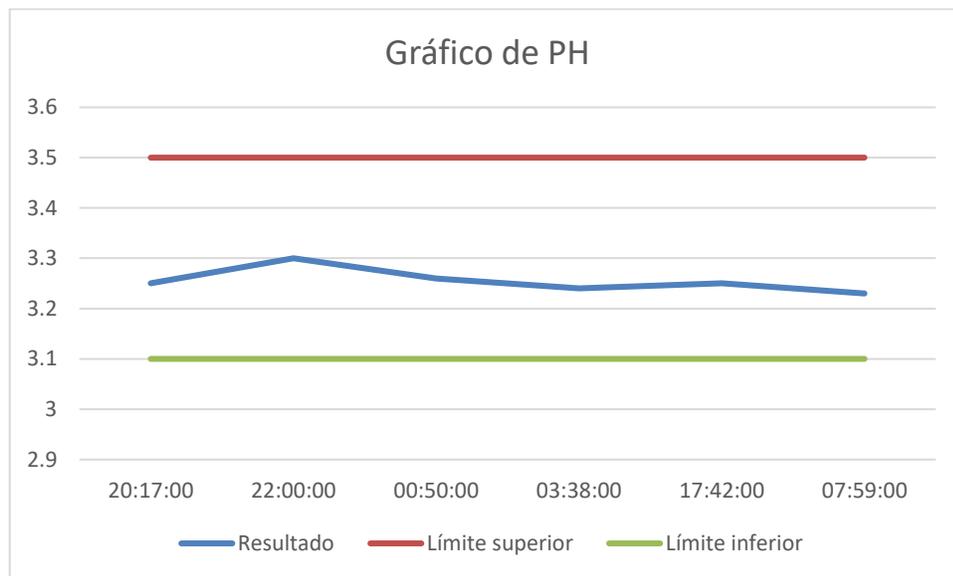
Planta	Área	Línea	Tipo de muestr	Material	Lote de inspección	Centro de muestr	Mes	Fecha de muestr	hora de mues	Fecha de anális	Responsab	Análisis	Especificac	Resultado	Estatus
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	04.09.2018	20:17:00	04.09.2018	JULIO C.	PH	3.10-3.50	3.25	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	04.09.2018	22:00:00	04.09.2018	JALTER	PH	3.10-3.50	3.3	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	05.09.2018	00:50:00	05.09.2018	JULIO C.	PH	3.10-3.50	3.26	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	05.09.2018	03:38:00	05.09.2018	JULIO C.	PH	3.10-3.50	3.24	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	04.09.2018	17:42:00	04.09.2018	MARCO G	PH	3.10-3.50	3.25	A
Embotelladora S.A.	Envasado	Línea B	Envasado	n Up 3000 ML PE	30000079851	SP. LLENADOR	Septiembre	05.09.2018	07:59:00	05.09.2018	RNULFO	PH	3.10-3.50	3.23	A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Los parámetros de PH permitidos por el área de calidad varían según el tipo de sabor que se estará envasando en la línea de producción, el PH permitido en

este tipo de sabor es de 3,10 – 3,50. A continuación se muestra el gráfico de control obtenido con el lote de producción del parámetro PH dentro de la llenadora en el turno de producción.

Figura 32. **Gráfico PH**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El gráfico de control anterior muestra el monitoreo de PH al lote 30000079851 durante una corrida de producción, el gráfico muestra que no existieron puntos fuera de control a lo largo de todo el turno de producción, lo que garantiza que el producto es inocuo y no causará ningún daño a la salud del consumidor.

2.4.4. **Eficiencia**

Es la relación entre las horas teóricas vs las horas reales que se necesitaron para realizar una determinada cantidad de cajas. La eficiencia actual de la línea

de producción B es 51,00 % está cerrando 3,00 % por debajo de su objetivo actual que es de 54,00 %, el problema es el excesivo tiempo en la relación de un cambio de presentación en la línea de producción PET, generando paros no programados en la línea de producción, afectando la eficiencia de la línea. La eficiencia de la línea se calcula diariamente en la línea de producción como se muestra a continuación.

$$\text{Horas Teóricas} = \frac{\text{Botellas Programadas}}{\text{Velocidad Teórica}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Horas Teóricas}}{\text{Horas Reales}} * 100 \%$$

2.4.4.1. Eficiencia de línea

La línea de producción B, tiene un cierre promedio en 51,00 % mensual, está cerrando debajo de su objetivo en 3,00 %, por el paro no programado generado en la realización de los cambios de presentación, afectando la eficiencia de la línea de producción y no logrando cumplir con la cantidad de cajas programadas mensualmente, a continuación, se muestra cómo se calcula la eficiencia dentro de la línea de producción PET.

Muestra de cálculo

$$\text{Horas Teóricas} = \frac{24\,590 \text{ Botellas}}{2\,000 \text{ Botellas/Horas}} = 12,30 \text{ Horas Teóricas}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{12,30 \text{ horas teóricas}}{24 \text{ horas Reales}} * 100 = 51,23 \%$$

En la tabla, se muestra el histórico del último mes como se cerró la eficiencia en la línea de producción B.

Tabla XXII. **Eficiencia actual en línea de producción B**

Septiembre	
Fecha	Eficiencia
1-sep	51,23 %
2-sep	50,44 %
3-sep	47,89 %
4-sep	49,34 %
5-sep	0,00 %
6-sep	52,78 %
7-sep	50,31 %
8-sep	57,98 %
9-sep	51,75 %
10-sep	59,34 %
11-sep	0,00 %
12-sep	0,00 %
13-sep	69,76 %
14-sep	64,01 %
15-sep	58,15 %
16-sep	60,99 %
17-sep	67,20 %
18-sep	59,98 %
19-sep	64,75 %
20-sep	58,90 %
21-sep	57,00 %
22-sep	0,00 %
23-sep	57,98 %
24-sep	56,09 %
25-sep	67,82 %
26-sep	60,99 %
27-sep	56,78 %
28-sep	65,19 %
29-sep	56,78 %
30-sep	51,00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.4.2. Indicador de eficiencia mensual

A continuación, se muestra el cierre mensual de la línea de producción B, la cual está cerrando por debajo de plan mensual.

Figura 33. **Indicador de eficiencia**

Línea	Acumulada	Objetivo	Diferencia
Línea B	51,00 %	54,00 %	-3,00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.5. Paros de producción

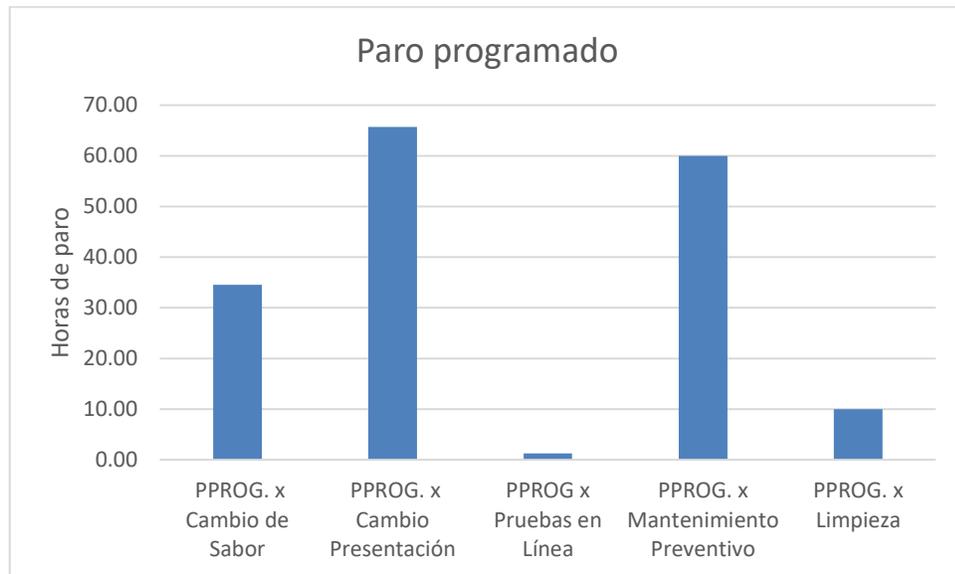
Se considera con paro dentro de la línea de producción B al tiempo que la maquinaria permanece parada o se detiene el proceso de producción dentro de la línea, este tipo de paros se clasifican en 2 tipos, los cuales son los paros programados y no programados. Los paros programados son el tiempo planificado dentro del programa de producción diario, en los cuales la línea permanecerá fuera de producción. Los paros programados que existen dentro de la línea de producción son: cambios de sabor, cambios de presentación, pruebas de nuevos productos, mantenimiento preventivo y limpieza. A continuación, se muestra la suma de paros generados durante un mes en la línea de producción B.

Tabla XXIII. **Paro programado línea B**

Línea A	Paro programado
Etiquetas de fila	Suma de Paros (H)
PPROG. x Cambio de sabor.	34,56
PPROG. x Cambio presentación.	65,67
PPROG x Pruebas en línea,	1,23
PPROG. x Mantenimiento preventivo.	60,00
PPROG. x Limpieza	10,00
Total general	171,46

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 34. **Gráfico de paro programado**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.5.1. Cambio de presentación

Un cambio de presentación o cambio de molde se realiza en la línea de producción cuando se finaliza la cantidad de cajas programadas a producir o el pedido planificado de bebidas con un tamaño específico, y se da inicio al proceso para la elaboración de la siguiente bebida de un tamaño diferente. Como por ejemplo el cambio o ajuste de piezas para el proceso de producción, como las guías posicionadoras de envase, estrellas de entrada y salida, evacuadores y posicionadores, cilindro de transferencia, entre otros.

Cada vez que se programa un cambio de presentación se establece un paro programado de 60 minutos dentro de la línea de producción para la realización del cambio de presentación, este cambio se realiza en simultáneo en todos los equipos dentro de la línea de producción, a continuación, se muestra el resumen del tiempo que requiere cada equipo para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción "A".

Tabla XXIV. **Cambio de presentación llenadora**

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Enjuague y drenado de llenadora.	22
2	Cambio de estrellas de salida y guías.	25
3	Inspeccionar y limpiar roscadora.	8
4	Cambio tornillo sin fin.	12
5	Ajustar codificadores de envase.	5
6	Ajustar chekmat.	2
7	Cambio de cañas	10
	TOTAL	84

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXV. **Cambio de presentación etiquetadora**

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Quitar la etiqueta de los porta bobinas.	2
2	Ajustar la altura de los 4 porta bobina.	5
3	Ajustar la altura de la mesa.	7
4	Desmontar los gusanos encoladores.	4
5	Desmontar y lubricar tornillo sin fin.	3
6	Montar tornillo sin fin lubricado.	3
7	Desmontar estrella de entrada y salida.	2
8	Desmontar cepillo de desplazamiento.	3
9	Quitar guías de entrada y salida.	10
10	Desmontar los 2 cilindros de transferencia.	12
11	Buscar estrella para nueva presentación.	15
12	Buscar los 2 cilindros de transferencia.	8
13	Montar los 2 cilindros de transferencia.	10
14	Colocar nuevo programa según presentación.	20
15	Colocar etiqueta en porta bobinas.	20
16	Ajustar tiempo entre etiqueta y carrusel.	18
	TOTAL	142

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXVI. **Cambio de presentación empaquetadora**

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Buscar el termoencogible a utilizar.	2
2	Desmontar piezas del módulo de corte.	5
3	Buscar piezas en almacén.	7
4	Ajustar posicionador de botella.	4
5	Ajustar el túnel.	5
6	Cargar nueva receta.	8
7	Colocar nuevas piezas dentro de empaquetadora.	2
8	Ajuste de transporte de salida.	3
9	Prueba de módulo de corte.	24
	TOTAL	60

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXVII. **Cambio de presentación posicionador**

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Cambiar evacuadores y posicionadores de envase.	65
2	Colocar uñas para la salida de envase apachado.	5
3	Verificar el funcionamiento.	3
4	Cambiar el programa.	2
5	Cambio estrella y guías.	3
6	Verificar la altura de la salida de máquina.	3
7	Ajustar ancho guías de salida de estrella.	2
8	Verificar la altura de la estrella con la salida del posicionador.	3
9	Ajuste de sensores de envase.	10
10	Cambio de programa de panel de mando.	10
11	Prueba dentro del posicionador.	15
	TOTAL	121

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXVIII. **Cambio de presentación paletizadora**

No.	ACTIVIDAD	TIEMPO (MIN)
1	Carga programa.	3
2	Reiniciar a posición de arranque.	5
3	Ajuste transporte de entrada.	15
	TOTAL	23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXIX. **Resumen de todos los equipos**

Equipo	Tiempo esperado (Min)	Tiempo Real (Min)
Llenadora	60	84
Etiquetadora	60	142
Posicionador	60	121
Empacadora	60	60
Paletizadora	60	23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.5.2. Cambio de sabor

Se considera un cambio de sabor en Embotelladora, S. A., al finalizar la cantidad de cajas programadas de un determinado sabor, empezando por un proceso de enjuague en las tuberías, adicional se realiza un saneamiento a todas las tuberías para garantizar que el producto sea inocuo. Después se realiza el bombeo del jarabe terminado del siguiente sabor a la llenadora para empezar su proceso de envasado, este cambio de sabor se considera un paro programado en el cual el jefe de producción establece 30 minutos para realizar el cambio de sabor dentro de la línea de producción.

2.4.6. Paros no programados

Este es el tiempo que se pierde porque existe alguna falla que no está prevista y estas fallas son ocasionadas por alguna mala gestión o falla en la maquinaria utilizada en las líneas de producción.

2.4.6.1. Operativos

Esto ocurre cuando los técnicos especialistas que operan las máquinas no realizan sus acciones de forma adecuada en el proceso productivo, lo genera hacer el ajuste y que las máquinas se detengan hasta solucionar el problema operativo del equipo. Las líneas de producción PET cuentan con los siguientes equipos de producción:

- Posicionador
- Etiquetadora
- Llenadora
- Empacadora

- Paletizadora
- Robopac
- Transporte de botella vacía
- Rinser
- Transporte de botella llena
- Alimentador de tapa
- Roscadora
- Transporte de paquetes

Tabla XXX. **Paros operativos mensuales**

Línea B	Paros operativos
Etiquetas de fila	Suma de paros (H)
POPER. x Llenadora	10,23
POPER. x Etiquetadora	28,98
POPER. x Transp. Botella Vacía	4,56
POPER. x Posicionador Envase	14,56
POPER. x Empacadora	7,67
POPER. x Enjuagador (rinser)	1,23
POPER. x Paletizadora	4,56
POPER. x Transp. Botella Llena	2,34
POPER. x Alimentador de Tapas	1,03
POPER. x Robopac	1,35
POPER. x Transp. Paquetes	1,67
POPER. x Roscadora	2,45
Total	80,63

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 35. **Gráfico de paros operativos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.6.2. **Mecánicos**

Este tipo de paro ocurre cuando la maquinaria o equipo fallan en el proceso productivo, lo que provoca un paro en la producción, por las reparaciones que se deben hacer a los equipos, para que puedan funcionar nuevamente.

A continuación, se detallan los posibles paros mecánicos por equipos dentro de la línea de producción "B".

- Llenadora
 - Limpieza general de mangueras de aire.
 - Limpieza general de mangueras de aceite.
 - Lubricación de chumaceras.
 - Verificación del estado de las cañas.
 - Limpieza y revisión del estado de las poleas y fajas.

- Cambio de mangueras de aire comprimido.
- Colocar nueva electroválvula en la línea de nitrógeno.
- Limpieza de las válvulas de llenado.

- Etiquetadora
 - Cambio de aceite a las cajas reductoras dentro de la etiquetadora.
 - Reparar fuga de aire en cilindro de transferencia, la fuga de presión provoca un mal etiquetado.
 - Limpieza general de máquinas y transportes.
 - Limpieza bomba de pegamento.
 - Cambio de estrellas de entrada y salida por desgaste.
 - Alineación de carrusel.
 - Limpieza de porta bobinas.

- Rinser
 - Controlar el nivel de aceite.
 - Limpieza máquina general.
 - Limpiar husillos de ajuste.
 - Lubricación caja de engranajes.
 - Engrase de rodos.
 - Lubricación de cadenas.

- Empacadora
 - Lubricación del equipo.
 - Lubricación de chumaceras.
 - Limpieza del horno de calentamiento.
 - Lubricación de módulo de corte.
 - Cambio de cojinetes.
 - Lubricación de cadenas de transporte.

- Paletizadora
 - Limpieza con liquido removedor del sistema.
 - Cambio de boquillas dañias.
 - Lubricación de rodos.
 - Lubricación de cadenas de transmisión.
 - Limpieza interna de la máquina.
 - Eliminar fugas de aires.

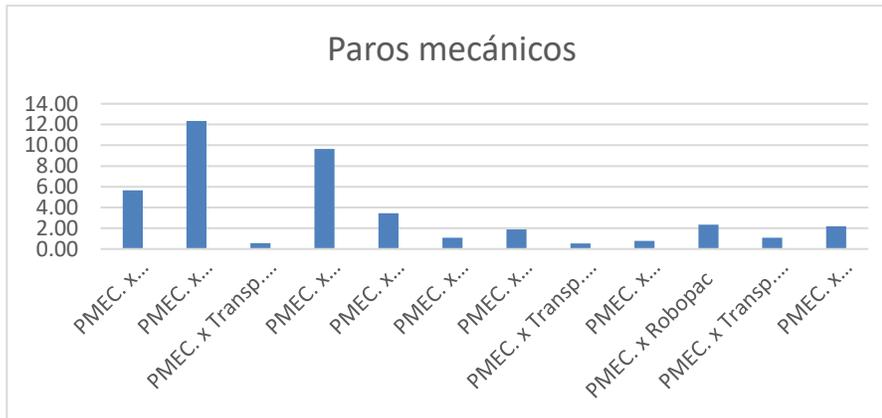
A continuación, se muestra un resumen del tiempo de paros mecánicos por equipo dentro de la línea de producción de un mes el cual suma 41,59 horas de paro como se muestra a continuación:

Tabla XXXI. **Paros mecánicos**

Línea B	Paros mecánicos
Etiquetas de fila	Suma de paros (H)
PMEC. x Llenadora	5,67
PMEC. x Etiquetadora	12,34
PMEC. x Transp. Botella vacía	0,55
PMEC. x Posicionador Envase	9,64
PMEC. x Empacadora	3,45
PMEC. x Enjuagador (rinser)	1,10
PMEC. x Paletizadora	1,89
PMEC. x Transp. Botella Llena	0,54
PMEC. x Alimentador de Tapas	0,78
PMEC. x Robopac	2,34
PMEC. x Transp. Paquetes	1,10
PMEC. x Roscadora	2,19
Total	41,59

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 36. **Gráfico Paros Mecánicos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.6.3. Electromecánicos

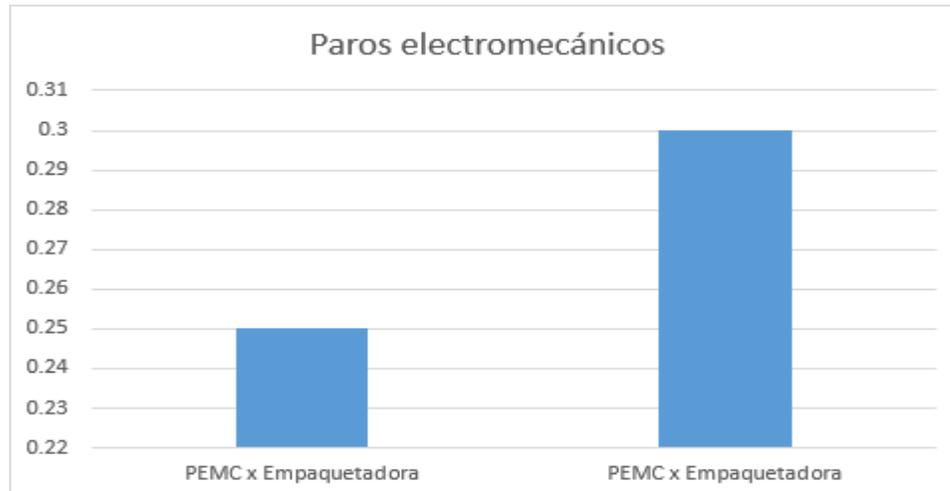
Este tipo de paro no es muy frecuente en las líneas de producción, pero ocurre cuando los equipos tienen una falla de programación o existe una falla en los paneles eléctricos, solo se presentaron 2 paros electromecánicos en el mes, el primero fue en la etiquetadora, el segundo fue en la llenadora, a continuación, se muestra el tiempo de paro generado por paros electromecánicos en el mes.

Tabla XXXII. **Paros electromecánicos**

Línea B	Paros electromecánicos
Paros	Suma de paros (H)
PMEC. x empacadora	0,25
PMEC. x empacadora	0,3
Total	0,55

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 37. **Gráfico paros electromecánicos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.4.7. Costos

En Embotelladora, S. A., dentro de la línea de producción PET, realiza un costeo por producto para determinar el costo de producción, de cada producto terminado que sale de la línea de producción, para realizar este costeo se consideran varios costos como: materia prima, material de empaque, mano de obra, horas extras, horas de paro entre otros. El aumento de alguno de estos costos genera un aumento del costo de producción, lo que genera una reducción en la utilidad del producto al momento de su comercialización.

2.4.7.1. Costo por un cambio de presentación

Con la elaboración de este análisis beneficio/costo, está representada en función de la capacidad de la línea, con el objetivo de encontrar el costo de tener la línea parada, se tomará en cuenta todos los paros programados.

Tabla XXXIII. **Costos cambio de presentación 2,5 L**

2,5 L	Horas
Velocidad teórica	2 250 botellas/hora
Horas de mantenimiento programado	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,36 horas	71 horas mensuales
Costo de una botella 2,5 L	Q. 2,25
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXXIV. **Costos cambio de presentación 3 L**

3 L	Horas
Velocidad teórica	2 000 botellas/hora
Horas de mantenimiento programado	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,36 horas	71 horas mensuales
Costo de una botella 2,5 L	Q. 2,50
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XXXV. **Costos cambio de presentación 3,3 L**

3,3 L	Horas
Velocidad teórica	1 700 botellas/hora
Horas de mantenimiento programado	60 horas mensuales
Cambio de presentación 2,36 horas	71 horas mensuales
Costo de una botella 2,5 L	Q. 2,75
Lavado de tuberías	10 horas mensuales
Línea trabaja 24 horas	Todos los días de la semana

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para efectos de cálculos se tomará el mes comercial de 30 días.

$$\frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = \frac{720 \text{ horas}}{\text{mes}}$$

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + tiempo de cambio de presentación + lavado.

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + tiempo de cambio de presentación + lavado.

$$T = 60 \frac{h \text{ mantenimiento}}{\text{mes}} + 71 \frac{h \text{ cambio de presentacion}}{\text{mes}} + 10 \frac{h \text{ limpieza}}{\text{mes}}$$

$$T = 141 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

A continuación, se va a distribuir las horas de paro por cada hora de producción:

$$\text{Factor} = 141 \frac{h}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{720 \text{ horas de produccion}} = 0,195583$$

A continuación, se aplicará el factor por la velocidad teórica de cada presentación para determinar el número de cajas que se podrían producir en el tiempo de paro:

$$\text{Botellas} = \text{Velocidad Teórica} * \text{Factor}$$

$$Botellas_{2,5L} = 2\,250 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,195583 = 440,06 \sim 440 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{3L} = 2\,000 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,195583 = 391,16 \sim 391 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{3,3L} = 1\,700 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,195583 = 332,49 \sim 332 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

A continuación, se muestran las botellas que se dejan de producir mensualmente dentro de embotelladora S.A. por el paro no programado generado dentro de la línea de producción "B".

$$Botellas_{2,5L} = 440 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 71_{\text{horas cambio pres}} = 31\,240_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{3L} = 391 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 71_{\text{horas cambio pres}} = 27\,761_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{3,3L} = 332 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 71_{\text{horas cambio pres}} = 23\,572_{\text{botellas mensuales}}$$

Donde el costo de la línea parada, C para cada una de las presentaciones es la siguiente:

$$c_{2,5L} = \frac{31\,240 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,25}{\text{bot}} = Q. 70\,290/\text{mensual}$$

$$c_{3L} = \frac{27\,761 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,50}{\text{bot}} = Q. 69\,402,50/\text{mensual}$$

$$c_{3,3L} = \frac{23\,572 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q.2,75}{\text{bot}} = Q.64\,823/\text{mensual}$$

Costo total C_T por la línea parada

$$C_T = C_{2,5L} + C_{3L} + C_{3,3L}$$

$$C_T = Q.70\,290 + Q.69\,402,50 + Q.64\,823$$

$$C_T = Q.204\,515,50/\text{mensual}$$

Implementación de un sistema para la reducción del tiempo de paro no programado en la realización de un cambio de presentación.

2.5. Implementación de 5´S

Se describe en los siguientes incisos.

2.5.1. Línea de producción A

La línea de producción A, es una línea de producción PET, en la cual se realizan muchos cambios de presentación, aproximadamente se realiza un cambio de presentación por día, lo cual provoca que no se cumpla con la cantidad de cajas programadas mensualmente por el excesivo tiempo que se pierde en la realización de los cambios de presentación, para solucionar este problema y aumentar la eficiencia de la línea de producción, se va a realizar un sistema para la realización de un cambio de presentación aplicando la metodología 5´S, para realizar en cambio de presentación de una manera más eficiente y reducir el tiempo para no programado en la realización de un cambio de presentación.

2.5.2. Seiri-Seleccionar

Seiri o seleccionar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos que son innecesarios y que no se necesiten para el proceso productivo dentro del área de producción. Se incluyen, por ejemplo: las herramientas, piezas de maquinaria, utensilios y repuestos, entre otros.

2.5.2.1. Procedimientos de selección

Para realizar una clasificación o selección de las piezas se deben de tomar en cuenta las siguientes actividades, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla XXXVI. **Procedimientos de selección**

Actividades	Descripción de actividad	Responsable
1	Realizar un inventario de las piezas con las que se cuenta dentro del área de producción y la cantidad de cada pieza	Técnico especialista de producción
2	Realizar una inspección sobre la frecuencia de uso de cada una de las piezas, usando un el criterio de si la pieza es utilizada anual, mensual, semanal o diario.	Coordinador de línea
3	Utilizar tarjetas rojas para identificar las piezas innecesarias dentro del área de producción y agruparlas en un lugar indicado.	Coordinador de línea

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Como realizar el inventario de las piezas:

Para llevar un control de las piezas que se encuentran dentro del área de producción se debe utilizar el siguiente formato:

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.

- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarlo dentro del listado.
- Cantidad de piezas: La cantidad de piezas encontradas en el área de producción.
- Como clasificar las piezas según su frecuencia de uso:

Para llevar un control de las piezas que son de utilidad y las que no lo son dentro del área para el proceso de un cambio de presentación se debe utilizar el siguiente formato.

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarlo dentro del listado.
- Seleccionar la frecuencia de uso de las piezas: anual, mensual, semanal o diario por medio de una X.

2.5.2.2. Criterio de decisión

El criterio de decisión es la frecuencia de uso de las herramientas y piezas utilizadas dentro de área de producción para la realización de un cambio de presentación en una línea de producción PET. Se utiliza un formato en cual se clasifica las piezas y herramientas por su frecuencia de uso, la frecuencia de uso puede ser anual, mensual, semanal o diario.

Tabla XXXIX. **Procedimientos para retirar las piezas innecesarias**

Actividades	Descripción de actividades	Responsable
1	Utilizar el formato de piezas innecesarias para la realización de un cambio de presentación.	Técnico especialista de producción
2	Utilizar tarjetas rojas para identificar las piezas innecesarias dentro del área de producción	Coordinador de línea
3	Ubicar las piezas marcadas con tarjeta rojas dentro del almacén de repuestos.	Técnico especialista de producción

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Como realizar el inventario de las piezas:

Para llevar un control de las piezas que se encuentran dentro del área de producción se debe utilizar el siguiente formato:

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarlo dentro del listado.
- Cantidad de piezas: La cantidad de piezas innecesarias encontradas en el área de producción.

2.5.2.5. Implementación de Seiri

Se realizó el inventario y se definió la frecuencia de uso de los objetos dentro de las áreas técnicas, utilizando un listado en donde se establecen 4 tipos de frecuencias: anual, mensual, semanal y diario. A continuación, se presenta en un listado, en el cual se marca con una X la frecuencia de uso.

Tabla XL. Listado de objetos y frecuencia de uso

No	Pieza	Cantidad	Anual	Mensual	Semanal	Diario
1	Cilindro de Transferencia	8				X
2	Alicate	6				X
3	Guías	22				X
4	Portabobinas	4				X
5	Cangrejo	7				X
6	Cepillo	5				X
7	Corta alambre	8				X
8	Destornillador	12				X
9	Juego de copas	7				X
10	Juego de copas de profundidad	6			X	
11	Lima	5		X		
12	Linterna	4			X	
13	Llave de cangrejo	6				X
14	Llaves Allen	20				X
15	Llaves milimétricas	8			X	
16	Llaves stilson	25				X
17	Martillo de bronce	6				X
18	Niveles	3			X	
19	Esmeril	10			X	
20	Cañas	50				X
21	Platos niveladores	16				X
22	Bandas niveladoras	14			X	
23	Metro	16				X
24	Pinzas	13				X
25	Tenaza	15				X
26	Vernier	4				X
27	Evacuadores	36				X
28	Posicionadores	36		X		
29	Niveladores	36		X		
30	Alineadores	36				X
31	Válvulas	50				X
32	Tijeras para cortar lámina	4				X
33	Conos	8	X			
34	Martillo de bronce	4				X
35	Llaves Torx	11				X
36	Extensión	4				X
37	Banco	4				X
38	Gabacha	4 X				
39	Inyectores	1				X
40	Niveles	8				X
41	Módulo de corte	1				X
42	Estrellas	32				X
43	Tornillos Sin fin	14 X				
44	Posicionadores de botellas	32				X
45	Sensores	26				X
46	Rociadores	22				
47	Termocoplas	4				
48	Guías de metal	8				
49	Guías de plástico	16				
50	Telescoping gases	1				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para identificar todas las piezas innecesarias dentro de la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET, se marcaron las piezas innecesarias con una tarjeta roja, como la que se muestra a continuación:

Figura 38. **Formato de tarjeta Roja**

Tarjeta roja			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			
Disposición			
Transferir a otra area			
Eliminar			
Vender			
Almacenar			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.2.5.1. Impacto de las piezas innecesarias

- Pasillos peatonales obstruidos.
- Exceso de inventario.
- Retraso en el acceso a las herramientas y piezas.
- Mal control del *stock* de repuesto y piezas.
- Áreas de trabajo en condiciones no adecuadas.
- Aumento de accidente por condiciones inadecuadas.

- Mala área de trabajo que no permite la implementación de mantenimiento autónomo, ya que no se pueden apreciar con facilidad las fugas y contaminaciones que puedan existir en los equipos, y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos de la línea de producción.

2.5.2.6. Resultados

Para la realización de la primera S (Selección), se tuvo el acompañamiento de los operarios y encargados como apoyo, se utilizó la tarjeta roja para lograr identificar y eliminar los objetos innecesarios que se encontraban en la línea de producción PET, logrando con estas acciones resultados satisfactorios, ya que se logró aprovechar de una mejor manera el espacio para ubicar piezas y herramientas de trabajo necesarias para la realización de un cambio de presentación de una manera más rápida, para lograr reducir el tiempo de paro no programado que se produce cada vez que se realiza un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET.

2.5.3. Seiton-Ordenar

Se busca organizar el espacio de trabajo dentro de la línea de producción PET de una forma más eficaz. Buscando la mejor forma en la cual ubicar las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación y las piezas de uso no muy frecuente ubicarlas en otra área, para evitar la pérdida de tiempo y la optimización en la realización de un cambio de presentación en la línea de producción.

2.5.3.1. Procedimientos de orden

Para llevar el control del orden de las piezas y su ubicación dentro de la planta de producción.

Tabla XLI. Procedimiento de orden

Actividad	Descripción de actividad	Responsable
1	Con las piezas clasificadas anteriormente es necesario ubicarlos de acuerdo con la frecuencia de utilización en el área de producción.	Técnico especialista
2	Clasificar las piezas utilizando tarjetas de colores verde: Piezas de uso diario amarillo: piezas de uso frecuente. Azul: piezas de uso ocasional y rojo piezas de uso raro	Técnico especialista

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Cómo llevar un inventario de la ubicación de las piezas según su frecuencia de uso.

Para llevar un control de las piezas y su ubicación según su frecuencia de uso dentro de la planta de producción PET se utiliza el siguiente formato.

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarlo dentro del listado.
- Cantidad de piezas: La cantidad de piezas innecesarias encontradas en el área de producción.
- Seleccionar por medio de una X el color de la tarjeta de la pieza según su frecuencia de uso.

2.5.3.1.1. Clasificación de piezas por colores

Las piezas y herramientas que se utilizan en un cambio de presentación serán clasificadas por colores los cuales indican la frecuencia de uso de las piezas, se utilizaran 4 diferentes colores los cuales son verde, amarillo, azul y rojo.

- Verde

Todas las piezas y herramientas que están marcadas de color verde son las piezas y herramientas que los operarios utilizan a diario para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET, el color verde indica que las piezas son de uso diario y son fundamentales para el proceso productivo dentro de la planta de producción.

Figura 39. Tarjeta Verde

Tarjeta verde			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Amarillo**

El color amarillo fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 vez por semana en la realización de un cambio de presentación, la clasificación de las piezas por colores es fundamental para destinar la nueva ubicación de las piezas, por su frecuencia de uso, estas piezas marcadas con color amarillo fueron ubicadas cerca de la operación por tener una frecuencia de uso diario, dentro de la línea de producción PET.

Figura 40. **Tarjeta Amarilla**

Tarjeta amarilla			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Azul**

El color azul fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 vez al mes o cada dos meses, en la realización de un cambio de presentación, la clasificación de las piezas por colores es fundamental para destinar la nueva ubicación de las piezas.

Por su frecuencia de uso, estas piezas marcadas con color azul fueron ubicadas cerca del proceso, por tener una frecuencia de uso ocasional, dentro de la línea de producción PET.

Figura 41. **Tarjeta Azul**

Tarjeta azul			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Rojo**

El color rojo fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 o 2 veces al año, este tipo de piezas tienen uso raro dentro del proceso productivo dentro de la planta de producción, por lo cual serán ubicadas fuera de la planta de producción, específicamente en el almacén, ordenadas por maquinaria, las cuales son las encargadas de la realización de todo el proceso productivo dentro de la línea de producción PET.

Figura 42. **Tarjeta Roja**

Tarjeta roja			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

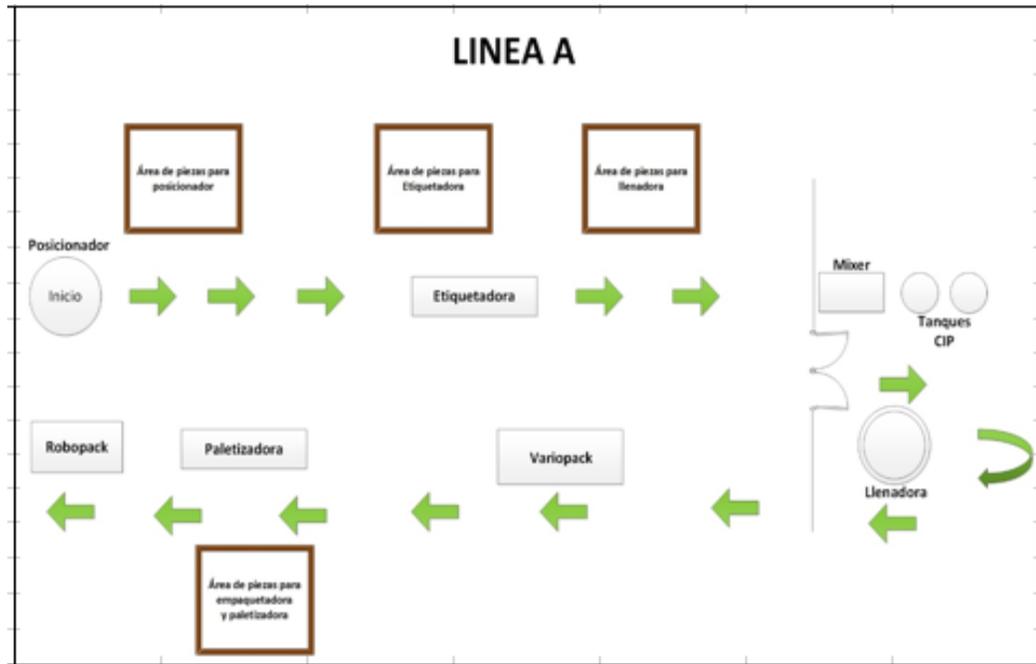
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.3.1.2. **Ubicación del área de las piezas**

- Croquis

Para lograr el rediseño de las áreas donde se van a almacenar las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación, únicamente se utilizarán áreas que están cercas a la línea de producción PET, tomando en cuenta que siempre se debe dejar un espacio considerable para el paso de los operadores dentro de la línea de producción, dejando libres todos los pasos peatonales.

Figura 43. **Croquis línea A**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

2.5.3.1.3. **Mobiliario**

- Mesas

Para clasificar y almacenar de una manera más ordenada las piezas utilizadas en la línea de producción en la realización de un cambio de presentación, se utilizarán mesas que están ubicadas en la nueva área, ubicadas en el croquis de la línea de producción, estas mesas agruparan las piezas por frecuencia de uso, tipo de pieza y cercanía a la maquinaria ubicada dentro de la línea de producción, a continuación, se muestra un ejemplo de las mesas que se utilizaron dentro de la línea de producción.

Figura 44. **Ejemplo de mesa**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

- **Repisas**

Para clasificar y ordenar las piezas dentro de la línea de producción se instalaron repisas, dentro de las áreas designas para cada equipo utilizado dentro de la línea de producción, clasificadas por frecuencia de uso y tipo de piezas para hacer más eficiente el proceso en la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET. A continuación, se muestra un ejemplo de las repisas utilizadas dentro de la línea de producción PET.

Figura 45. **Ejemplo de Repisa**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

- Caja de herramientas

Todas las herramientas utilizadas dentro de la línea de producción son almacenadas en una caja de herramientas, cada operador cuenta con su propia caja de herramientas, para la realización de cambios de presentación y mantenimiento preventivo dentro de la línea de producción, a continuación, un ejemplo de las cajas de herramientas utilizadas.

Figura 46. **Ejemplo de caja de Herramientas**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.5.3.2. Implementación de Seiton

Para la implementación de Seiton, para ordenar las piezas y ubicarlas según su utilización en la realización de un cambio de presentación, se utilizó el siguiente formato que se presenta a continuación:

Tabla XLII. Localización de piezas

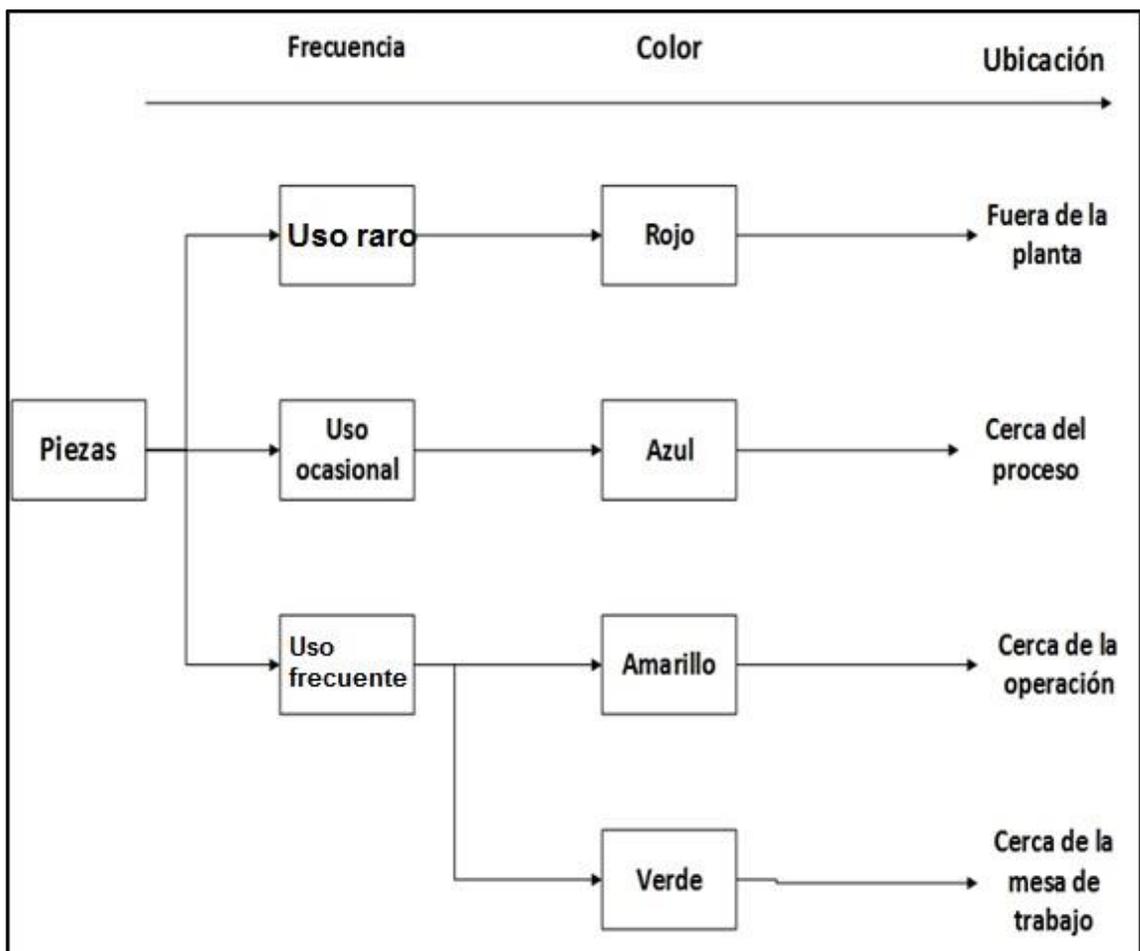
No	Pieza	Cantidad	ROJO	AZUL	AMARILLO	VERDE
1	Cilindro de Transferencia	8				X
2	Alicate	6				X
3	Guías	22				X
4	Portabobinas	4				X
5	Cangrejo	7				X
6	Cepillo	5				X
7	Corta alambre	8				X
8	Destornillador	12				X
9	Juego de copas	7				X
10	Juego de copas de profundidad	6			X	
11	Lima	5		X		
12	Linterna	4			X	
13	Llave de cangrejo	6				X
14	Llaves Allen	20				X
15	Llaves milimétricas	8			X	
16	Llaves stilson	25				X
17	Martillo de bronce	6				X
18	Niveles	3			X	
19	Esmeril	10			X	
20	Cañas	50				X
21	Platos niveladores	16				X
22	Bandas niveladoras	14			X	
23	Metro	16				X
24	Pinzas	13				X
25	Tenaza	15				X
26	Vernier	4				X
27	Evacuadores	36				X
28	Posicionadores	36		X		
29	Niveladores	36		X		
30	Alineadores	36				X
31	Válvulas	50				X
32	Tijeras para cortar lámina	4				X
33	Conos	8	X			
34	Martillo de bronce	4				X
35	Llaves Torx	11				X
36	Extensión	4				X
37	Banco	4				X
38	Gabacha	4	X			
39	Inyectores	1				X
40	Niveles	8				X
41	Módulo de corte	1				X
42	Estrellas	32				X
43	Tornillos Sin fin	14	X			
44	Posicionadores de botellas	32				X
45	Sensores	26				X
46	Rociadores	22				
47	Termocoplas	4				
48	Guías de metal	8				
49	Guías de plástico	16				
50	Telescoping gases	1				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.3.2.1. Sistema de identificación por colores

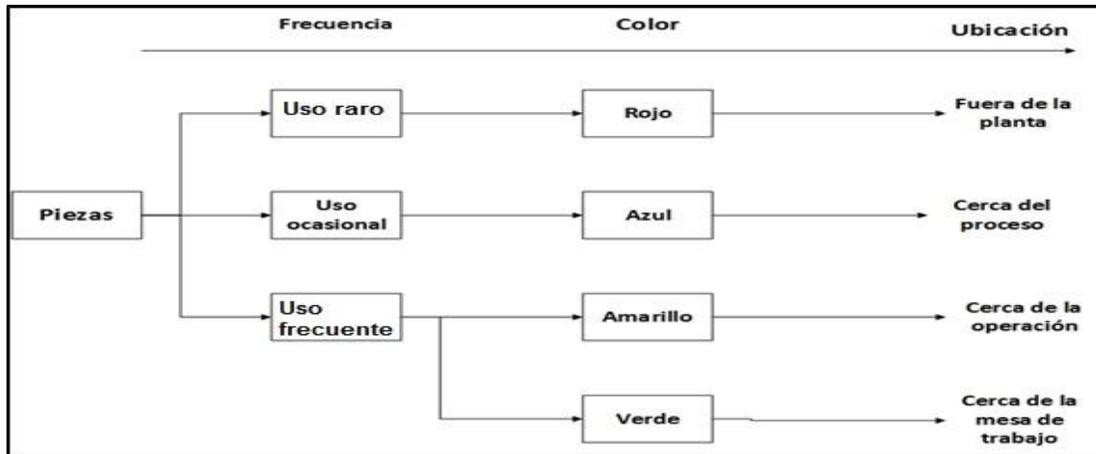
Para determinar la ubicación idónea de las piezas y herramientas que se utilizan en la realización de un cambio de presentación, se utilizó el siguiente sistema en el cual se clasifican las piezas por frecuencia de uso, y colores para determinar la ubicación, como se muestra a continuación.

Figura 47. Diagrama de clasificación de piezas por color



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021

Figura 48. Diagrama de clasificación de herramientas por color



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.3.2.2. Agrupación por tipo de piezas

Las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación fueron agrupadas dentro de las nuevas ubicaciones dentro de la línea de producción PET en 10 grupos diferentes, los cuales son:

- Estrellas
- Cilindros de transferencia
- Guías
- Tornillos sin fin
- Posicionadores
- Evacuadores
- Encoladores
- Cañas
- Lubricantes
- Pegamento

2.5.3.3. Resultados

Los resultados dentro de la línea de producción fue el orden y clasificación de las piezas según su frecuencia de uso, las piezas de uso frecuente son instaladas cerca de la estación de trabajo, liberando los pasillos peatonales y mejorando el acceso al área de trabajo. Las piezas están agrupadas por maquinaria para tener un mejor acceso y orden para la optimización en la realización de un cambio de presentación, ayudando a la mejora en la reducción de tiempo de paro no programado generado en cada ocasión que se realiza un cambio de presentación, a continuación, se muestra los resultados dentro de la línea de producción.

Figura 49. Resultado de piezas



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 50. **Resultado Seiton**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

Se ubicaron las piezas clasificadas en 10 diferentes grupos, dentro de la línea de producción PET A, estas piezas fueron ubicadas cerca de cada equipo para evitar que los operarios caminen más de lo necesario en la realización de un cambio de presentación, y así lograr la reducción del tiempo de preparación de los equipos cada vez que se realizó un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET.

2.5.4. Seiso-Limpiar

Se busca garantizar la inocuidad dentro del área de producción para lograr garantizar que todos los productos que salgan dentro de la línea de producción son inocuos.

2.5.4.1. Procedimientos de limpieza

En la siguiente tabla se describe el procedimiento de limpieza de pisos.

Tabla XLIII. Procedimiento de limpieza de pisos

Área/Equipo	Procedimientos	Equipo a utilizar	Frecuencia	Encargado
	<p>Limpieza:</p> <ul style="list-style-type: none">• Recoger los residuos presentes dentro de la línea de producción.• Barrer muy bien los pisos con ayuda de la escoba y recoger el polvo utilizando el recogedor.• Depositar la basura en los depósitos correspondientes según clasificación de desechos.• Coloque el limpiador en el piso y humedezca por todos lados para eliminar la suciedad en el piso.• Aplique abundante agua sobre los pisos para retirar el limpiador.	Escoba y recogedor con solución desinfectante.	Diario	Técnico Especialista Técnico Especialista Supervisado por encargado de línea. Encargado de Soprinta

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.5. Implementación de Seiso

Con la implementación de Seiso se garantiza que nuestra línea de producción elabora productos inocuos, dejando una constancia de trazabilidad de todo el proceso productivo.

2.5.5.1. Hoja de control

En las estaciones de trabajo se encuentra una hoja de control para verificar el tiempo en la realización de un cambio de presentación si están cumpliendo con las metas establecidas para la realización de este.

Figura 51. Hoja de control

Hoja de control para cambios de presentacion	
Elaborado por _____	Inicia: _____
Cargo: _____	Finaliza: _____
Fecha _____	Turno: _____
<div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.5.3. Resultados

Se logró la clasificación de la basura dentro de la línea de producción, en cartón, nylon, pet y otros. Se estableció un área para asignar los recipientes de basura según su clasificación con un fácil acceso para los colaboradores cerca de su área de trabajo, manteniendo un área limpia y con fácil acceso a todo el proceso productivo como se muestra a continuación:

Figura 53. Clasificación de basura



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 54. Limpieza



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.5.6. Seiketsu-Estandarizar

Busca la estandarización de las actividades necesarias para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción, logrando la reducción del tiempo de preparación de los equipos.

2.5.7. Toma de tiempos en cambio de presentación

Después de identificar puntos de mejora y establecer las 3S, se procedió a realizar un estudio de tiempos en la realización de un cambio de presentación, Es muy importante mencionar que no se tomaron en consideración las interrupciones por otros empleados o encargados, ya que los tiempos tuvieron una duración muy corta en ocasiones un elemento extraño tiene una duración tan pequeña que es imposible registrarlo. Para la realización del estudio de tiempo se estableció el número exacto de observaciones con un método estadístico, para la realización del estudio de tiempo para la realización de un cambio de presentación se utilizará una distribución t.

Por lo que el número de observaciones se define como:

$$n = \left(\frac{ts}{kx} \right)^2$$

Donde:

- T: valor de la distribución
- S: desviación estándar
- K: probabilidad de error
- X: media

Tomando como base datos históricos de la línea de producción A, es de 25 observaciones y una media de 2,36 horas en la realización de un cambio de presentación con una desviación estándar de 0,66. Se consideró una probabilidad de errores de un 5 % para 24 grados de libertad (25 menos 1 grado de libertad) lo que nos proporciona una $t = 1,711$ se utilizará la ecuación anterior para calcular la cantidad de observaciones necesarias para realizar el estudio de tiempo.

$$n = \left(\frac{1,711 * 0,66}{0,05 * 2,36} \right)^2 = 19,82 \sim 20 \text{ observaciones}$$

Para lograr realizar el estudio de tiempo dentro de las líneas de producción PET, se procedió a realizar el estudio de tiempo en paralelo en ambas líneas, para determinar un tiempo estándar en ambas líneas de producción, y estandarizar los procedimientos en la realización de un cambio de presentación después de aplicar las 3S, esto es posible de realizar ya que las 2 líneas de producción cuentan con la misma maquinaria utilizada para la realización de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, la única excepción que existe dentro de la línea de producción es la llenadora, pero esto no afecta el estudio de tiempo ya que la diferencia es la velocidad de llenado, pero los ajustes a la llenadora para la realización de un cambio de presentación son los mismos para las 2 líneas de producción.

A continuación, se muestra los tiempos registrados para los 5 equipos dentro de la línea de producción PET.

Tabla XLIV. Tiempo registrado después de aplicar mejoras en llenadora

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Enjuague del tazón de llenadora.	9.32	9.34	9.23	10.09	9.34	9.67	10.03	9.45	9.89	10.23
2	Desmotar guía salida.	3.4	4.5	6.02	8.43	5.45	5.67	6.02	6.78	6.78	6.32
3	Desmontar estrella salida.	5.32	5.36	5.31	5.34	5.31	5.45	5.21	5.34	5.05	5.06
4	Aflojar tornillos.	5.5	5.8	6.7	4.56	4.56	6.54	7.67	5.43	4.56	6.78
5	Montar estrella y guía de salida.	7.89	7.21	7.34	7.21	7.67	7.21	7.56	7.21	7.56	7.78
6	Levantar llenadora.	3.4	5.4	4.5	4.7	5.6	3.2	3.6	4.3	6.7	3.45
7	Ajuste de altura de levas.	5.6	7.5	8.5	6.5	7.54	6.54	7.89	5.4	6.87	8.65
8	Bajar el tazón de llenadora.	4.5	5.4	3.67	4.32	5.1	4.2	4.6	3.2	5.43	4.32
9	Cambio de cañas.	3.4	3.6	3.8	3.7	3.2	3.9	4.32	4.67	3.87	4.21

No.	Actividad	Observaciones										t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Enjuague del tazón de llenadora.	9,03	9,78	10,23	10,34	9,45	9,21	8,98	9,21	9,67	10,02	9,59
2	Desmotar guía salida.	4,34	4,21	5,02	5,89	4,89	5,06	5,67	6,78	6,54	6,7	5,51
3	Desmontar estrella salida.	5,01	5,06	5,01	5,9	5	6,65	5,89	6,21	5,89	6,05	5,67
4	Aflojar tornillos.	5,5	5,1	5,3	5,6	5,6	6,5	6,7	5,4	5,43	5,4	5,65
5	Montar estrella y guía de salida.	7,21	7,67	7,21	7,89	7,21	7,89	7,21	7,89	7,21	7,45	7,48
6	Levantar llenadora.	3,67	4,56	5,67	6,54	4,56	5,43	5,03	4,32	3,45	3,21	4,64
7	Ajuste de altura de levas.	7,9	5,9	6,32	6,32	6,32	6,98	7,87	8,32	7,43	7,89	7,13
8	Bajar el tazón de llenadora.	4,56	5,67	4,21	4,89	5,21	4,29	5,78	4,32	5,05	5,9	4,99
9	Cambio de cañas.	3,78	4,78	5,21	3,21	3,89	3,21	3,45	3,21	3,21	0,267	3,42
Total Minutos												54,08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XLV. Tiempo registrado después aplicar mejoras en posicionador

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desmontar posicionadores.	12,3	10,67	12,3	13,5	10,45	11,56	10,21	9,21	10,23	10,45
2	Desmontar separadores.	10,34	9,21	9,23	9,45	10,21	9,45	10,25	11,23	9,45	9,45
3	Desmontar estrella de salida.	5,43	4,56	5,78	6,21	4,31	6,78	5,21	4,67	5,89	6,21
4	Desmontar guía de salida.	5,32	4,56	5,67	4,63	5,89	6,89	5,21	5,29	6,33	5,21
5	Montar posicionadores.	8,21	8,45	9,02	8,34	9,06	9,02	9,05	8,23	9,23	8,89
6	Montar separadores.	9,56	8,32	9,67	8,21	9,45	8,45	9,32	8,56	10,21	9,67
7	Montar estrella y guía de salida.	3,45	3,45	3,67	3,21	3,56	3,21	3,56	3,89	3,21	3,45

No.	Actividad	Observaciones										t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Desmontar posicionadores.	11,23	10,45	11,21	10,67	12,45	9,67	10,34	9,67	10,21	9,21	10,80
2	Desmontar separadores.	9,21	10,21	13,45	11,23	9,21	10,34	11,23	12,34	12,56	12,34	10,52
3	Desmontar estrella de salida.	5,89	4,21	3,56	5,67	3,21	4,21	4,78	3,56	4,21	2,67	4,85
4	Desmontar guía de salida.	6,89	4,67	5,21	4,35	4,67	4,21	4,89	5,32	3,67	3,78	5,13
5	Montar posicionadores.	8,21	8,34	8,21	8,31	8,23	9,02	9,45	8,78	9,23	9,45	8,74
6	Montar separadores.	10,21	9,78	8,56	7,89	10,21	9,45	10,21	11,56	12,45	16,78	9,93
7	Montar estrella y guía de salida.	3,78	4	4,03	3,78	4,06	3,97	4	4,02	4,06	3,56	3,70
Total Minutos												53,66

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XLVI. Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la empaquetadora

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desmontar piezas de formato.	4,56	4,89	4,21	4,78	4,56	3,89	4,04	5,21	4,67	5,08
2	Ajustar posicionador de botellas.	9,13	10,89	10,56	10,34	9,57	11,67	12,67	10,67	9,9	10,38
3	Cargar nueva receta.	3,45	2,45	2,78	3,02	3,22	3,07	2,65	2,93	2,89	2,56
4	Calentar el horno del túnel.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	Montar piezas de formato.	5,67	4,35	5,67	4,32	4,67	5,21	4,56	5,45	4,21	4,78
6	Ajuste de transporte de salida.	7,54	8,02	7,21	8,45	7,32	7,89	8,21	8,56	7,21	7,89
7	Pruebas de módulo de corte.	5,43	4,56	4,89	4,21	4,78	5,03	5,02	4,67	5,02	5,34

No.	Actividad	Observaciones										
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	t prom
1	Desmontar piezas de formato.	11,23	9,34	8,89	10,67	11,34	9,67	10,34	9,67	10,21	9,21	5,02
2	Ajustar posicionador de botellas.	1,23	2,45	3,21	1,25	2,21	3,21	2,45	1,78	1,55	1,21	9,89
3	Cargar nueva receta.	4,56	4,34	4,78	4,21	4,67	4,34	5,67	3,21	4,25	3,9	2,95
4	Calentar el horno del túnel.	4,56	4,67	5,23	5,04	5,22	4,34	6,45	5,89	5,21	5,05	10,00
5	Montar piezas de formato.	5,67	5,21	5,34	5,78	5,65	4,23	4,21	4,89	4,02	3,54	5,05
6	Ajuste de transporte de salida.	8,9	7,89	9,08	7,46	8,89	8,45	9,56	8,89	9,26	10,23	8,05
7	Pruebas de módulo de corte.	5,67	4,21	3,67	4,89	5,06	3,56	4,21	4,89	4,21	4,89	4,82
Total Minutos											45,77	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XLVII. Tiempos registrados después de aplicar mejoras a etiquetadora

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	5,34	4,67	5,21	4,78	5,02	4,21	4,78	5,06	4,31	4,21
2	Cambio de estrella de paro de botella.	3,21	2,34	4,21	2,45	1,32	1,78	1,21	1,78	1,21	1,89
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4,32	4,56	5,32	5,21	4,31	3,45	4,67	5,21	4,21	5,21
4	Cambio de tornillo sin fin.	4,32	5,67	3,21	4,89	5,32	5,89	4,56	6,78	5,89	3,21
5	Cambio de estrella de entrada.	5,45	5,21	6,45	7,21	6,32	5,34	5,01	4,34	5,67	4,21
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	8,21	7,34	6,54	5,32	5,67	6,89	7,21	8,01	7,67	8,04
7	Cambio de estrella de salida.	6,67	6,45	5,21	5,89	6,04	5,21	5,78	4,56	5,21	5,78
8	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	2,3	2,21	2,45	2,21	2,56	3,02	2,34	3,04	2,34	2,03
9	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	5,67	5,32	5,89	5,78	5,79	5,21	5,89	4,21	6,03	5,21
10	Ajuste de altura de carrusel.	4,36	5,67	4,21	5,78	4,56	3,21	4,89	3,02	2,87	5,25
11	Alineación de etiqueta.	1,9	2,67	1,67	1,89	1,87	1,9	2,06	1,97	2,04	2,34
12	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	3,21	3,67	2,97	2,65	2,45	3,04	2,78	3,06	2,78	2,03

No.	Actividad	Observaciones										
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	t cronometrado
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	4,21	4,56	4,21	4,78	3,99	4	3,67	4,21	5,01	5,08	4,57
2	Cambio de estrella de paro de botella.	1,23	2,45	3,21	1,25	2,21	3,21	2,45	1,78	1,55	1,21	2,10
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4,56	4,34	4,78	4,21	4,67	4,34	5,67	3,21	4,25	3,9	4,52
4	Cambio de tornillo sin fin.	4,56	4,67	5,23	5,04	5,22	4,34	6,45	5,89	5,21	5,05	5,07
5	Cambio de estrella de entrada.	5,67	5,21	5,34	5,78	5,65	4,23	4,21	4,89	4,02	3,54	5,19
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	8,9	7,89	9,08	7,46	8,89	8,45	9,56	8,89	9,26	10,23	7,98
8	Cambio de estrella de salida.	5,9	6,06	5,89	4,21	4,89	5,21	5,21	4,21	6,78	5,21	5,52
10	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	3,05	3,01	2,78	3,02	2,56	2,98	3,05	3,21	3,01	2,56	2,69
11	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	4,78	4,89	3,89	5,78	5,01	5,45	5,07	5,27	5,89	5,32	5,32
12	Ajuste de altura de carrusel.	5,78	4,89	5,06	5,34	4,12	3,89	3,43	2,98	4,22	4,12	4,38
Total Minutos											52,36	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XLVIII. **Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la paletizadora**

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cargar programa.	5,45	4,56	5,67	4,78	4,56	3,89	4,04	4,06	5,67	5,08
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,54	6,78	5,43	5,21	5,78	5,21	5,89	6,89	6,23	5,78
3	Ajuste de transporte de salida.	14,34	15,67	14,78	15,78	15,21	14,9	14,67	15,23	15,02	15,34

No.	Actividad	Observaciones										t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Cargar programa.	5,06	4,56	6,43	5,43	4,21	4,89	4,87	4,9	5,78	5,21	4,96
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,78	5,21	5,67	6,03	6,06	6,12	6,22	6,32	6,14	6,16	6,02
3	Ajuste de transporte de salida.	15,78	14,87	14,9	18,9	14,21	15,78	15,9	14,21	15,9	15,21	15,33
	Total Minutos											26,31

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Análisis de resultados de la toma de tiempo

Se utiliza un sistema de calificación del desempeño, se evalúa la efectividad del operario en términos de desempeño de un operario calificado que realiza los cambios de presentación. El valor de la calificación se representa con un porcentaje y se le asigna al proceso observado. Un operario calificado se define como un operario con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbrada en una estación de trabajo, a un paso no demasiado rápido y no demasiado lento, sino representativo de uno que se puede mantener a lo largo del día. Se utilizará el sistema de calificación Westinghouse. Este método considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidades, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Habilidad se define como el nivel de competencia para seguir un método dado y relacionado con la experiencia. La habilidad de una persona en una operación dada aumenta con el tiempo, debido a que se familiariza con el trabajo y tendrá más rapidez en la realización de su trabajo. El sistema de Westinghouse enumera seis clases de habilidades que representan un grado de competencia

aceptable para la evaluación: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior, la tabla XLIX muestra los valores a continuación:

Tabla XLIX. **Sistema de calificación de habilidades de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,15	A	Superior
0,13	A2	Superior
0,11	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,06	C1	Bueno
0,03	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,1	E2	Aceptable
-0,16	F1	Malo
-0,22	F2	Malo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El esfuerzo se define como una demostración de la voluntad para trabajar con efectividad. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad. Las seis clases de calificación son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo como se muestra en la tabla L, a continuación:

Tabla L. **Sistema de calificación de esfuerzo de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,13	A	Excesivo
0,12	A2	Excesivo
0,1	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,05	C1	Bueno
0,02	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,18	E2	Aceptable
-0,12	F1	Malo
-0,17	F2	Malo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Las condiciones de calificación del desempeño afectan al operario y no a la operación. Esta se califica como normal o promedio. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen: temperatura, ventilación, luz y ruido. Las seis clases de condiciones de trabajo son: ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo. Como se muestra a continuación.

Tabla LI. **Sistema de calificación de condiciones de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,06	A	Ideal
0,04	B	Excelente
0,02	C	Buena
0	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	Mala

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala. *Westinghouse* le coloca letras a cada clase para identificarlas (A, B, C, D, entre otras.) y les da ponderaciones que van desde 0,04 a la opción perfecta que es la más alta, hasta -0,04, a la opción de mala considerada como la más baja. Como se muestra a continuación.

Tabla LII. **Sistema de calificación de consistencia de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,04	A	Perfecta
0,03	B	Excelente
0,01	C	Buena
0	D	Promedio
-0,02	E	Aceptable
-0,04	F	mala

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El principio básico al calificar el desempeño es ajustar el tiempo cronometrado o tiempo observado (T_C) para cada operación durante el estudio de tiempo para obtener el tiempo normal (T_N) que necesita el operario calificado para realizar el cambio de presentación.

$$T_N = T_C * C$$

Donde C es la calificación o concesiones del desempeño del operario.

Para lograr realizar un estudio adecuado al calificar, se consideró la cantidad de trabajo realizado por la unidad de tiempo, comparado con la cantidad de trabajo que produciría el trabajador calificado.

Para la realizar un análisis preciso, se realizó el estudio por equipo o maquinaria, considerando la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo como se muestra a continuación.

Tabla LIII. **Calificación de concesiones**

Concesiones	Llenadora		Etiquetadora		Posicionador		Empacadora		Paletizadora	
	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación
Habilidad	C2	0,03	C2	0,03	B2	0,08	B2	0,08	C1	0,06
Esfuerzo	C1	0,05	C1	0,05	E1	-0,04	E1	-0,04	C1	0,05
Condiciones	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03
Consistencia	E	-0,02	E	-0,02	D	0	D	0	D	0
Total		0,03		0,03		0,01		0,01		0,08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Suplementos

El tiempo que se necesita para que un operario calificado y capacitado logre trabajar a un paso normal se le denomina tiempo estándar (T_e) en la realización de un cambio de presentación en la línea de producción A.

$$T_e = T_n * (1 + suplementos)$$

Las necesidades personales de los operarios como, por ejemplo, ir al sanitario o beber agua. En la actualidad no existe base científica para lograr asignar un porcentaje real numérico para estas necesidades, pero realizando un estudio dentro de la línea de producción se llegó a la conclusión que un suplemento de un 5% cumplía con las necesidades de los operarios dentro de la línea de producción.

El suplemento por fatiga es una constante que logrará tomar en cuenta la energía que el operario consume para llevar a cabo su trabajo dentro de la línea de producción PET y aliviar la monotonía de los trabajos repetitivos.

Para esta línea de producción se consideró un 4 % del tiempo normal para todos los operarios dentro de línea de producción PET, ya que se considera un trabajo ligero, sentado y en buenas condiciones.

La información para el cálculo de los suplementos utilizados para el cálculo del tiempo estándar se detalla a continuación:

Tabla LIV. Suplementos utilizados para el análisis

A. Suplementos constantes		
1. Personal	_____	5
2. Por fatiga básica	_____	4
B. Suplementos variables		
1. Por estar de pie	_____	2
2. Por posición anormal:		
a) un poco incómoda	_____	0
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar):		
10 _____		1
4. Mala iluminación		
a) un poco debajo de la recomendada	_____	0
6. Atención requerida		
b) trabajo fino o preciso	_____	2
7. Nivel de ruido:		
a) continuo	_____	0
8. Estrés mental:		
a) proceso bastante complejo	_____	1
9. Monotonía		
a) nivel bajo	_____	0
10. Tedio		
a) algo tedioso	_____	0
Total		15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

A continuación, se visualizan los tiempos registrados para cada una de las 5 máquinas que se encuentran dentro de la línea de producción PET.

Tabla LV. Tiempo registrado para llenadora

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Enjuague del tazón de llenadora.	9,63	3,00 %	9,91	15,00 %	11
2	Desmotar guía salida.	5,72	3,00 %	5,90	15,00 %	7
3	Desmontar estrella salida.	5,47	3,00 %	5,64	15,00 %	6
4	Aflojar tornillos.	5,73	3,00 %	5,90	15,00 %	7
5	Montar estrella y guía de salida.	7,47	3,00 %	7,70	15,00 %	9
6	Levantar llenadora.	4,56	3,00 %	4,70	15,00 %	5
7	Ajuste de altura de levas.	7,11	3,00 %	7,33	15,00 %	8
8	Bajar el tazón de llenadora.	4,73	3,00 %	4,87	15,00 %	6
9	Cambio de cañas.	3,64	3,00 %	3,75	15,00 %	4
	Total en Minutos	54,08				64,05

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LVI. Tiempo registrado para posicionador

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Desmontar posicionadores.	10,80	1,00 %	10,91	15,00 %	13
2	Desmontar separadores.	10,52	1,00 %	10,62	15,00 %	12
3	Desmontar estrella de salida.	4,85	1,00 %	4,90	15,00 %	6
4	Desmontar guía de salida.	5,13	1,00 %	5,18	15,00 %	6
5	Montar posicionadores.	8,74	1,00 %	8,82	15,00 %	10
6	Montar separadores.	9,93	1,00 %	10,03	15,00 %	12
7	Montar estrella y guía de salida.	3,70	1,00 %	3,73	15,00 %	4
Total en Minutos		53,66				62,33

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LVII. Tiempo registrado en etiquetadora

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	4.57	3.00%	4.70	15.00%	5
2	Cambio de estrella de paro de botella.	2.10	3.00%	2.16	15.00%	2
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4.52	3.00%	4.66	15.00%	5
4	Cambio de tornillo sin fin.	5.07	3.00%	5.22	15.00%	6
5	Cambio de estrella de entrada.	5.19	3.00%	5.34	15.00%	6
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	7.98	3.00%	8.21	15.00%	9
7	Cambio de estrella de salida.	5.52	3.00%	5.68	15.00%	7
8	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	2.69	3.00%	2.77	15.00%	3
9	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	5.32	3.00%	5.48	15.00%	6
10	Ajuste de altura de carrusel.	4.38	3.00%	4.51	15.00%	5
11	Alineación de etiqueta.	2.04	3.00%	2.10	15.00%	2
12	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	3.00	3.00%	3.09	15.00%	4
Total en minutos		52.36				62.02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LVIII. Tiempo registrado empacadora

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Desmontar piezas de formato.	5,02	1,00 %	5,07	15,00 %	5,83
2	Ajustar posicionador de botellas.	9,89	1,00 %	9,99	15,00 %	11,48
3	Cargar nueva receta.	2,95	1,00 %	2,98	15,00 %	3,42
4	Calentar el horno del túnel.	10,00	1,00 %	10,10	15,00 %	11,62
5	Montar piezas de formato.	5,05	1,00 %	5,10	15,00 %	5,87
6	Ajuste de transporte de salida.	8,05	1,00 %	8,13	15,00 %	9,35
7	Pruebas de módulo de corte.	4,82	1,00 %	4,86	15,00 %	5,59
Total en minutos		45,77				53,17

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LIX. **Tiempo registrado paletizadora**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Cargar programa.	4,96	8,00 %	5,35	15,00 %	6,15
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,02	8,00 %	6,50	15,00 %	7,48
3	Ajuste de transporte de salida.	15,33	8,00 %	16,56	15,00 %	19,04
	Total en minutos	26,31				32,67

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.7.1. Implementación Seiketus

Dentro de la línea de producción se determinaron parámetros de operación según la presentación a producir dentro de la línea de producción, estos parámetros fueron necesarios para capacitar al personal de la forma correcta y adecuada de cómo se deben realizar los ajustes a los equipos al momento de la realización de un cambio de presentación reduciendo el tiempo de paro no programado dentro de la línea de producción y generando un aumento de la eficiencia dentro de la línea.

2.5.7.1.1. Parámetros de operación

Después de realizar pruebas de ajuste de los equipos se logró la estandarización de los parámetros de operación según presentación a producir que varía de 600 ml hasta 2 L dentro de la línea de producción PET A, a continuación, se muestran los parámetros estandarizados por cada equipo para reducir el tiempo en la realización de un cambio de presentación, generando el aumento en la eficiencia dentro de la línea de producción PET.

Dentro de la línea de producción, se determinaron los parámetros de operación para los equipos, como los son: la etiquetadora, posicionador, empaquetadora y llenadora. En los cuales se determinaron los parámetros de

CO2 necesarios para la operación, nitrógeno para la llenadora, el aire comprimido necesario para evitar problemas al momento del arranque de los equipos. Dentro de la etiquetadora se determinaron todos los ajustes necesarios que debe realizar el operario al momento de realizar el cambio de presentación, el cual varía por tipo de presentación a producir, logrando una estandarización de cómo se debe de realizar el cambio de presentación reduciendo el tiempo de paro no programado dentro de la línea de producción.

Tabla LX. **Parámetros de operación etiquetadora**

Parámetros	600 ml Riples	600 ml AMP	600 ml Jumbito	600 ml Aloe Vera	750 ml agua	H2OH Limoneto
Largo de etiqueta.	222	218.2	225	228	232	222
Altura de carrusel.	50	42	51	58	36	50
Tipo de estrella de entrada.	600	600	600	600	750	600
Tipo de estrella de salida.	600	500	600	500	750	600
Cilindro de transmisión.	600	600	600	750	750	600
Tipo de guía para carrusel.	Guía negra	Guía negra	Guía negra	Sin guía	Sin guía	Guía negra
Tipo de guía para estrella.	Guía verde	Guía verde	Guía blanca	Guía blanca	Sin guía	Guía verde
Porta bobina 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Traslape de etiqueta.	5mm	5mm	5mm	5mm	5mm	5mm
Color de altura del porta bobina.	Rojo	Verde	Rojo	Azul	Naranja	Rojo
Patines del carrusel.	Juego No. 1	Juego No. 1	Juego No. 1	Juego No. 1	Juego No. 1	Juego No. 1
Altura de la mesa.	1869	1891	1878	1885	1902	1869
Largo de la mesa.	1653	1679	1662	1673	1694	1653

Parámetros	Frutado Naranja 1.5L	500 ml Gatorade	1500 ml	1750 ml	1500 ml Squiz	Pepsi 2 Litros
Largo de etiqueta.	238	210	238	243	240	247
Altura de carrusel.	28	57	28	25	30	20
Tipo de estrella de entrada.	1.5	500	1.5	1.75	1.5	2
Tipo de estrella de salida.	1.5	600	1.5	1.75	1.5	2
Cilindro de transmisión.	1.5	600	1.5	1.75	1.5	2
Tipo de guía para carrusel.	Guía negra	Sin guía	Guía negra	Guía negra	Guía Negra	Guía Negra
Tipo de guía para estrella.	Guía blanca	Sin guía	Guía blanca	Guía blanca	Guía blanca	Guía blanca
Porta bobina 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Traslape de etiqueta.	5mm	5mm	5mm	5mm	5mm	5mm
Color de altura de la porta bobina.	Sin color	Amarrillo	Sin color	Negro	Sin color	Morado
Patines del carrusel.	Juego No. 2	Juego No. 1	Juego No. 2	Juego No.3	Juego No. 2	Juego No.3
Altura de la mesa.	1960	1853	1962	1974	1962	1987
Largo de la mesa.	1718	1641	1721	1729	1721	1738

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 55. **Parámetros posicionador**

POSICIONADOR		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	N/A	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	4 – 7 BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Figura 56. **Parámetros llenadora**

Llenadora		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	25 psi	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	5..5 – 6BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Figura 57. **Parámetros empacadora**

Variopac		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	N/A	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	6 - 6.5BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

2.5.7.1.2. Procedimientos para la realización de un cambio de presentación

- Llenadora

El operador de la línea de producción tiene que realizar un enjuague en la tubería dentro de la llenadora, tiene que realizar una inspección para verificar que todo está bien, que las cañas de la llenadora están en su lugar para proceder al proceso de cambio de presentación dentro de la llenadora.

Tabla LXI. **Procedimientos para cambio de presentación llenadora**

Máquinas	Llenadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Enjuague del tazón de llenadora.	11	Técnico especialista de llenadora
	Desmontar guías salida.	7	
	Desmontar estrella salida.	6	
	Aflojar tornillos.	7	
	Montar estrella y guía de salida.	9	
	Levantar llenadora.	5	
	Ajuste de altura de levas.	8	
	Bajar el tazón de llenadora.	6	
	Cambio de cañas.	6	
	TOTAL POR MÁQUINA	65	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Etiquetadora**

El operador antes de iniciar el cambio de presentación tiene que detener la máquina por seguridad, debe limpiar el área donde se encuentra el pegamento para evitar problemas en la realización del cambio de cilindro de transferencia dentro de la etiquetadora.

Tabla LXII. **Instructivo para cambio de presentación etiquetadora**

Máquinas	Etiquetadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Ajuste de guías de entrada de botella.	5	Técnico especialista de etiquetadora
	Cambio de estrella de paro de botella.	2	
	Cambio de guía de tornillo sin fin.	5	
	Cambio de tornillo sin fin.	6	
	Cambio de estrella de entrada.	6	
	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	9	
	Cambio de estrella de salida.	7	
	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	3	
	Marca de corte y etiqueta en cilindro de transferencia.	6	
	Ajuste de altura de carrusel.	5	
	Alineación de etiqueta.	4	
	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	4	
		TOTAL POR MÁQUINA	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Empaquetadora

El técnico especialista tiene que retirar el termoencogible del módulo de corte, realizar ajustes en los posicionadores de botella, para evitar que las botellas se caigan en la banda transportadora, ajustar la temperatura del horno según la presentación que se desea producir en la línea de producción.

Tabla LXIII. **Instructivo para cambio de presentación empaquetadora**

Máquinas	Empacadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Desmontar piezas de formato.	6	Técnico especialista de empaquetadora
	Ajustar posicionadores de botellas.	11	
	Carga nueva receta.	3	
	Calentar el horno del túnel.	12	
	Montar piezas del formato.	6	
	Ajuste de transporte de salida.	9	
	Prueba de módulo de corte.	6	
	TOTAL POR MÁQUINA	53	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Posicionador

El técnico especialista tiene que desmontar los 36 evacuadores y 36 posicionadores dentro, del posicionador de envases de la línea de producción, verificar que no exista botella apachada dentro del posicionador que pueda causar algún problema al momento del arranque de producción, en el panel de control debe programar la velocidad de operación que depende el tipo de envase, que se va a utilizar al momento de la producción.

Tabla LXIV. **Instructivo para cambio de presentación posicionador**

Máquinas	Posicionador		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Desmontar posicionadores.	12	Técnico especialista Posicionador
	Desmontar separadores.	12	
	Desmontar estrella de salida.	6	
	Desmontar guía de salida.	6	
	Montar posicionadores.	10	
	Montar separadores.	12	
	Montar estrella y guía de salida	4	
	TOTAL POR MÁQUINA	62	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Paletizadora

El técnico especialista tiene que reiniciar el programa, y cargar el nuevo programa según la presentación que se necesita producir, para la realización de las camas en el proceso de entarimado.

Tabla LXV. **Instructivo para cambio de presentación paletizadora**

Máquinas	Paletizadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Cargar programa.	6	Técnico especialista paletizadora
	Reiniciar a posición de arranque.	8	
	Ajuste de transporte de entrada.	19	
	TOTAL POR MÁQUINA	33	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.7.2. Manual de procedimientos para un cambio de presentación

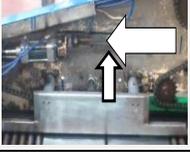
El manual de procedimientos fue utilizado para la estandarización, de los pasos para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción PET, el cual fue creado para obtener una información detallada, ordenada, y sistemática que contiene todas las instrucciones detalladas para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET.

- Objetivo: estandarizar los procedimientos para la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET cuidando la integridad física de los operadores, las buenas prácticas de fabricación y aumentando la eficiencia dentro de la línea de producción.
- Alcance: el Manual aplica para la maquinaria utilizada dentro de la línea de producción PET en Embotelladora S. A.
- Responsabilidad:
 - Operador de cada máquina
 - Participa en el levantamiento del manual para dar arranque a la línea, operación del equipo y final de producción en los equipos que opera.
 - Jefe/Coordinador de Producción:
 - Velar por el levantamiento del manual por equipo.
 - Capacitar al personal a su cargo junto al operador referente del equipo.

- Gerente Planta:
 - Validar los manuales operativos de cada equipo.
 - Velar por la actualización ya sea por modificaciones del proceso, cambios de equipos, equipos nuevos o por revisión anual del instructivo.

- Materiales/equipos: cámara fotográfica, instrumentos de medición, entre otros.

Figura 58. **Ejemplo de formato utilizado para manual de procedimientos**

Cambio de sabor y presentación					
Nombre de Línea: Línea A			Nombre de equipo: Paletizadora		
Cambio de presentación de: PET					
PASOS			CÓMO EJECUTAR		
No.	DESCRIPCION	TIEMPO (MIN)	DESCRIPCION PASO A PASO	Herramienta	FOTOGRAFIA/ TABLA
1	Seleccionar nuevo formato	5	1. Seleccionar formato en panel de control que maneje sabor y presentación. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Panel de control	
2	Ajustar ancho de transporte entrada	35	1. Ajustar ancho de transporte correspondiente a la presentación y si es 24 o 12 pack. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Manijas	
3	Ajustar topes	10	1. Ajustar topes dependiendo del tamaño del paquete. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Allen 3/16"	
4	Ajustar velocidad	15	1. Ajustar velocidad dependiendo de tamaño de paquete. Según tabla de parámetros de velocidades línea A.	1. Panel de control de motores	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

2.5.7.3. Matriz de cambios

A continuación, se presentan unas tablas guía que ayudan a implementar los cambios de presentación, en la primera columna se muestra el producto actual y en la primera fila se muestra la presentación a la cual se va a cambiar.

Esta matriz será utilizada para la planeación de producción diaria, dentro de la línea de producción para evitar la mayor cantidad de cambio de presentación, realizando una excelente programación de producción.

Tabla LXVI. **Matriz de cambio de presentación**

MATRIZ DE CAMBIO LÍNEA A					
Presentación	600ml	750ml	1.5L	1.75L	2L
600 ml		Ajuste	Cambio	Cambio	Cambio
750 ml	Ajuste		Cambio	Cambio	Cambio
1.5 L	Cambio	Cambio		Ajuste	Cambio
1.75 L	Cambio	Cambio	Ajuste		Cambio
2 L	Cambio	Cambio	Cambio	Cambio	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.7.4. Resultados

Se logró la estandarización de los pasos para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET, después de realizar el estudio de tiempo se logró determinar el tiempo necesario para realización de presentación, con la implementación de los pasos en la realización de un cambio de presentación aplicando la metodología 5'S se reduce el tiempo de paro no

programado en la realización de un cambio de presentación, estableciendo cambios rápidos de presentación aumentando la eficiencia de la línea de producción con la reducción del tiempo de paro no programado.

Figura 59. Estandarización de cambio de presentación

Máquinas	LLENADORA		ETIQUETADORA		PALETIZADORA		POSICIONADOR		EMPACADORA	
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Enjuague de tazón de llenadora.	11	Ajuste de guías de entrada de botella.	5	Carga programa.	6	Desmontar posicionadores.	13	Desmontar piezas de formato.	6
	Desmontar guía salida.	7	Cambio de estrella de paro de botella.	2	Reiniciar a posición cero.	7	Desmontar separadores.	12	Ajustar posicionador de botella.	11
	Desmontar estrella salida.	6	Cambio de guía de tornillo sin fin.	5	Ajuste de transporte de entrada	19	Desmontar estrella de salida.	6	Carga nueva receta.	3
	Alojar tornillos.	7	Cambio de tornillo sin fin.	6			Desmontar guía de salida.	6	Calentar el horno del túnel.	12
	Montar estrella y guía de salida.	9	Cambio de estrella de entrada.	6			Montar posicionadores.	10	Montar piezas de formato.	6
	Levantar llenadora.	5	Cambio y ajuste cilindro transferencia.	9			Montar separadores.	12	Ajuste de transporte de salida.	9
	Ajuste de altura de levas.	8	Cambio de estrella de salida.	7			Montar estrella y guía de salida.	4	Prueba de módulo de corte.	6
	Bajar el tazón de llenadora.	6	Colocar rollo nuevo en porta bobinas.	3						
	Cambio de cañas.	6	Marca de corte en etiqueta.	6						
			Ajuste de altura de carrusel.	5						
			Alineación de etiqueta.	2						
			Ajuste de altura de botella.	4						
		TOTAL POR MÁQUINA	65	TOTAL POR MÁQUINA	40	TOTAL POR MÁQUINA	32	TOTAL POR MÁQUINA	63	TOTAL POR MÁQUINA

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.8. Shitsuke-Compromiso y Disciplina

Desarrollar una cultura de mejora continua dentro de la organización, buscando cada día la mejora de nuestros procesos. Los hábitos desarrollados en conjunto con la práctica generan un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar los trabajos día a día dentro de la organización.

2.5.8.1. Control periódico de las áreas de trabajo

El coordinador de líneas y con el apoyo del supervisor de turno, son los encargados de realizar una auditoría interna por lo menos una vez al mes dentro de la línea de producción PET. Para la realización de esta auditoria se presentará un formato para lograr identificar puntos de mejora dentro de la línea de producción, como se muestra a continuación.

Tabla LXVII. Control de 5'S

	1	2	3	4	5							
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno							
CATEGORIA	PREGUNTAS					1	2	3	4	5	COMENTARIOS	
SELECCIÓN	1	Todavía existen elementos innecesarios en los puestos de trabajo.										
	2	Están ordenadas las piezas según frecuencia de uso.										
	3	Los corredores y áreas de trabajo están despejados.										
	TOTAL											
ORDENAR	1	Existe un lugar específico para herramientas.										
	2	Es fácil reconocer el lugar de cada cosa.										
	3	Se vuelve a colocar las piezas en su lugar designado.										
	TOTAL											
LIMPIEZA	1	Se encuentran las áreas de trabajo limpias.										
	2	Las piezas y herramientas se mantienen en buenas condiciones y limpias.										
	3	Es fácil encontrar los elementos de limpieza.										
	4	Se cumple con el plan de limpieza dentro de la línea de producción.										
TOTAL												
ESTANDARIZACIÓN	1	Los operadores conocen los manuales de procedimientos.										
	2	Se cumplen con los procedimientos para la realización de cambio de presentación.										
	3	Se lleva un registro de las hojas de control.										
	4	El operador conoce la nueva meta para la realización de un cambio de presentación.										
TOTAL												
AUTODISCIPLINA	1	Se supervisa la organización, el orden y la limpieza dentro de la línea.										
	2	Se cumplen con las normas de seguridad y limpieza.										
	3	Se respetan las áreas restringidas.										
	4	La basura y desperdicio se desecha según su clasificación.										
TOTAL												

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.8.2. Monitoreo frecuente de los cambios de presentación en la línea de producción.

Con ayuda de la hoja de control de cambio de presentación que se utiliza dentro de la línea de producción, es recomendable que se haga una toma de tiempo periódicamente, para corroborar que los tiempos en la realización de un cambio de presentación son los mismos, o incluso lograr optimizar más los tiempos, la primera regla es que todo proceso se puede mejorar, y siempre se debe aplicar la mejora continua a nuestros procesos, logrando así la reducción del tiempo de preparación de los equipos, cada vez que se realiza un cambio de presentación dentro de la línea de producción.

2.5.9. Eficiencia

Es la relación entre las horas teóricas vs las horas reales que se necesitaron para realizar una determinada cantidad de cajas. La eficiencia de la línea de producción para el mes de febrero fue de 56,06 % después de que se aplicó la metodología 5´S en la realización de un cambio de presentación, estandarizando los procedimientos para la realización de este y logrando reducir el tiempo de preparación de los equipos en la línea de producción PET. La línea de producción A, tiene un aumento en su eficiencia de 3,06 % logrando cerrar arriba de su KPI´S del año 2018 que era de 53 %. Este aumento fue generado por la reducción del tiempo en la realización de un cambio de presentación y la estandarización de todos los procedimientos para la realización de este.

2.5.9.1. Resultados de eficiencia

En la siguiente figura se presenta los resultados de eficiencia.

Figura 60. Resultado de línea "A"

Línea	Acumulada	Objetivo	Diferencia
Línea A	56,06 %	53,00 %	3,06 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.9.2. Eficiencia mensual

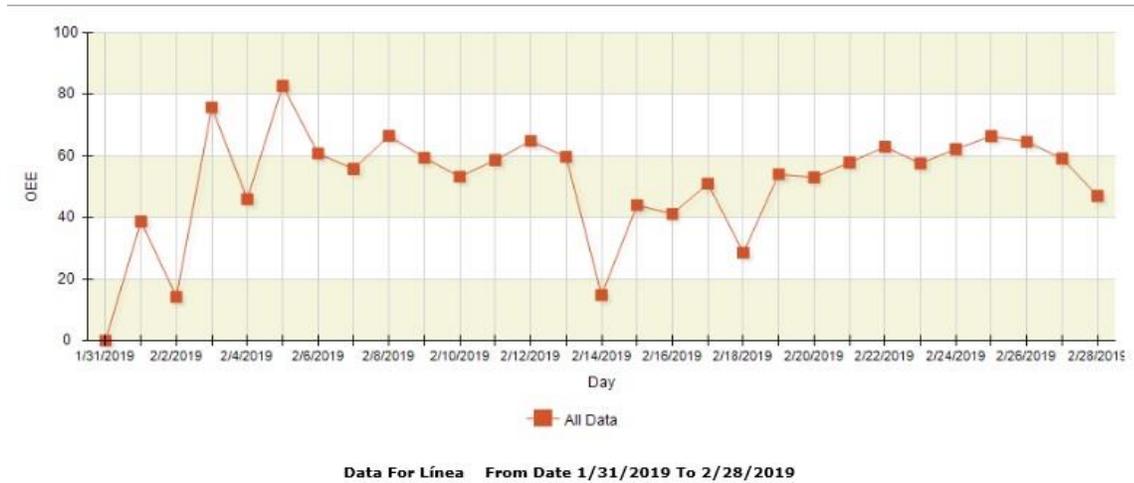
En la siguiente tabla se presenta los resultados de la eficiencia mensual.

Tabla LXVIII. Resultado eficiencia mensual

Febrero	
Fecha	Eficiencia
1-feb	51,23 %
2-feb	50,44 %
3-feb	47,89 %
4-feb	49,34 %
5-feb	0,00 %
6-feb	52,78 %
7-feb	53,87 %
8-feb	57,98 %
9-feb	51,76 %
10-feb	59,76 %
11-feb	0,00 %
12-feb	0,00 %
13-feb	54,67 %
14-feb	46,76 %
15-feb	58,15 %
16-feb	62,76 %
17-feb	67,20 %
18-feb	59,98 %
19-feb	64,75 %
20-feb	58,90 %
21-feb	57,65 %
22-feb	0,00 %
23-feb	57,98 %
24-feb	57,65 %
25-feb	67,65 %
26-feb	62,45 %
27-feb	56,78 %
28-feb	62,45 %
Total General	56,06 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 61. Gráfico eficiencia mes de febrero



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.5.9.3. Cumplimiento de cajas de producción

Para lograr el cálculo del cumplimiento de cajas de producción, se realiza una comparación de las cajas reales producidas dentro de la línea de producción, y se compara con las cajas planificadas por producir dentro de la línea de producción mensual. Para que el cálculo sea más preciso se logró convertir todas las cajas a 8 onzas para poder trabajar con la misma dimensión y obtener un dato más preciso. Utilizando la siguiente fórmula para el cálculo de cumplimiento de cajas de producción.

$$\text{Cumplimiento de producción} = \frac{\text{Cajas reales de 8 onzas}}{\text{Cajas planificadas de 8 onzas}} * 100 \%$$

$$\text{Cumplimiento de producción} = \frac{1087332}{1234678} = 88,07 \%$$

2.6. Programación de producción

La persona encargada de la elaboración del plan de producción en el área de planeación dentro de la Embotelladora S.A. es la encargada de la elaboración del plan mensual de producción, este plan mensual de producción se debe planificar de forma diaria, por lo cual cada línea de producción tiene planificado qué tipo de producto y que cantidad se necesita producir según el plan de producción diaria elaborado por el área de planeación.

2.6.1. Establecer matriz de saneamiento

Para mejorar la programación de producción se estableció una matriz de saneamiento, la cual se detalla dependiendo del tipo de producto que está produciendo y el nuevo producto que se desea producir indica que tipo de saneamiento se debe de aplicar. Existen 3 tipos de saneamiento enjuague (celeste), saneamiento de 5 pasos (amarillo) y saneamiento de 7 pasos (azul). Por ejemplo, si se está produciendo Seven Up y se desea pasar a producir AMP solo es necesario realizar un enjuague a las tuberías como se muestra en la matriz a continuación.

Figura 62. Matriz de saneamiento

MATRIZ DE CAMBIO LÍNEA A								
Presentación	AMP POWER 365	AMP ENERGY	GRAPETTE	PEPSI	IRINDA NARANJA	NARANCHELO	LIMONETO	SEVEN
AMP POWER 365	Black	Yellow	White	White	White	White	White	White
AMP ENERGY	Yellow	Black	White	White	White	White	White	White
GRAPETTE	Yellow	Blue	Black	White	White	Yellow	Yellow	Blue
PEPSI	Yellow	Yellow	White	Black	White	White	White	White
IRINDA NARANJA	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue
NARANCHELO	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Yellow
LIMONETO	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Yellow
SEVEN	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black
ENJUAGUE	Blue							
SANEAMIENTO 5 PASOS	Yellow							
SANEAMIENTO 7 PASOS	Blue							

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.6.2. Corridas de producción largas

Se estableció una propuesta, que los días que se realice la reunión con planeación pueda asistir el coordinador de línea para que pueda dar sugerencias sobre la programación de producción de la semana. Establecer corridas más largas, estableciendo corridas de producción más largas, las líneas de producción son más eficientes, después de las 8 000 cajas de producción la línea de producción se estabiliza y funciona de una manera más eficiente, y verificar la matriz de saneamiento para evitar dejar 2 saneamientos dentro del mismo turno de producción.

2.7. Costo de la propuesta

Para la implementación de la metodología 5S en la línea de producción PET, se presentó una propuesta de los costos de inversión para la implementación de la metodología 5S en la realización de un cambio de presentación a Gerencia, esta propuesta fue analizada por Gerencia, quienes tomaron la decisión de realizar la inversión en la línea de producción para la implementación de la metodología 5S en la línea de producción PET, a continuación, se muestra una tabla con los costos de la inversión en la línea de producción.

Tabla LXIX. Costo de inversión línea A

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Asesor interno	1	Q 0,00	Q 0,00
	Asesor Usac	1	Q 0,00	Q 0,00
Materiales	Estantes	7	Q 954,32	Q 6 680,24
	Mesa móvil	2	Q 789,76	Q 1 579,52
	Caja de herramientas	4	Q 588,43	Q 2 353,72
	Señalización	10	Q 50,00	Q 500,00
	Cartelera a la vista	1	Q 1 200,00	Q 1 200,00
	Clasificación de basura	9	Q 150,00	Q 1 350,00
	Basureros de almacenamiento	3	Q 300,00	Q 900,00
	Manual de procedimientos	2	Q 50,00	Q 100,00
	Total de inversión			Q 14 663,48

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8. Implementación de 5´S

A continuación, se describen en la línea de producción B.

2.8.1. Línea de producción B

La línea de producción B, es una línea de producción PET, en la cual se realizan cambio de presentación cada dos días, lo cual provoca que no se cumpla con la cantidad de cajas programadas mensualmente por el excesivo tiempo que se pierde en la realización de los cambios de presentación, para solucionar este problema y aumentar la eficiencia de la línea de producción se va a realizar un sistema para la realización de un cambio de presentación aplicando la metodología 5´S, para realizar en cambio de presentación de una manera más eficiente y reducir el tiempo de paro no programado en la realización de un cambio de presentación.

2.8.2. Seiri-Seleccionar

Seiri o seleccionar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos que son innecesarios y que no se necesiten para el proceso productivo dentro del área de producción. Se incluyen, por ejemplo: las herramientas, piezas de maquinaria, utensilios y repuestos entre otros.

2.8.2.1. Procedimientos de selección

Para realizar una clasificación o selección de las piezas se debe de tomar en cuenta como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla LXX. **Procedimientos de selección**

Actividades	Descripción de actividad	Responsable
1	Realizar un inventario de las piezas con las que se cuenta dentro del área de producción y la cantidad de cada pieza	Técnico especialista de producción
2	Realizar una inspección sobre la frecuencia de uso de cada una de las piezas, usando un el criterio de si la pieza es utilizada anual, mensual, semanal o diario.	Coordinador de línea
3	Utilizar tarjetas rojas para identificar las piezas innecesarias dentro del área de producción y agruparlas en un lugar indicado.	Coordinador de línea

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Como realizar el inventario de las piezas:

Para llevar un control de las piezas que se encuentran dentro del área de producción se debe utilizar el siguiente formato:

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.

- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarla dentro del listado.
- Cantidad de piezas: La cantidad de piezas encontradas en el área de producción.
- Como clasificar las piezas según su frecuencia de uso:

Para llevar un control de las piezas que son de utilidad y qué piezas no están dentro del área para el proceso de un cambio de presentación se debe utilizar el siguiente formato.

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarla dentro del listado.
- Seleccionar la frecuencia de uso de las piezas anual, mensual, semanal o diario por medio de una X.

2.8.2.2. Criterio de decisión

El criterio de decisión es la frecuencia de uso de las herramientas y piezas utilizadas dentro de área de producción, para la realización de un cambio de presentación en una línea de producción PET. Se utiliza un formato en el cual se clasifican las piezas y herramientas por su frecuencia de uso, la frecuencia de uso puede ser: anual, mensual, semanal o diario.

Tabla LXXIII. **Procedimientos para retirar las piezas innecesarias**

Actividades	Descripción de actividades	Responsable
1	Utilizar el formato de piezas innecesarias para la realización de un cambio de presentación.	Técnico especialista de producción
2	Utilizar tarjetas rojas para identificar las piezas innecesarias dentro del área de producción	Coordinador de línea
3	Ubicar las piezas marcadas con tarjeta rojas dentro del almacén de repuestos.	Técnico especialista de producción

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Como realizar el inventario de las piezas:

Para llevar un control de las piezas que se encuentran dentro del área de producción se debe utilizar el siguiente formato:

- No. de pieza: Colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: Se describe con su nombre a la pieza para identificarla dentro del listado.
- Cantidad de piezas: La cantidad de piezas innecesarias encontradas en el área de producción.

2.8.2.5. Implementación de Seiri

Se realizó el inventario y se definió la frecuencia de uso de los objetos dentro de las áreas técnicas, utilizando un listado en donde se establecen 4 tipos de frecuencias: anual, mensual, semanal y diario. Separando las piezas y herramientas según su frecuencia de uso para determinar la ubicación de cada pieza como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla LXXIV. Listado de objetos y frecuencia de uso

No	Pieza	Cantidad	Anual	Mensual	Semanal	Diario
1	Cilindro de Transferencia	8				X
2	Alicate	6				X
3	Guías	22				X
4	Portabobinas	4				X
5	Cangrejo	7				X
6	Cepillo	5				X
7	Corta alambre	8				X
8	Destornillador	12				X
9	Juego de copas	7				X
10	Juego de copas de profundidad	6			X	
11	Lima	5		X		
12	Linterna	4			X	
13	Llave de cangrejo	6				X
14	Llaves Allen	20				X
15	Llaves milimétricas	8			X	
16	Llaves stilson	25				X
17	Martillo de bronce	6				X
18	Niveles	3			X	
19	Esmeril	10			X	
20	Cañas	50				X
21	Platos niveladores	16				X
22	Bandas niveladoras	14			X	
23	Metro	16				X
24	Pinzas	13				X
25	Tenaza	15				X
26	Vernier	4				X
27	Evacuadores	36				X
28	Posicionadores	36		X		
29	Niveladores	36		X		
30	Alineadores	36				X
31	Válvulas	50				X
32	Tijeras para cortar lámina	4				X
33	Conos	8	X			
34	Martillo de bronce	4				X
35	Llaves Torx	11				X
36	Extensión	4				X
37	Banco	4				X
38	Gabacha	4 X				
39	Inyectores	1				X
40	Niveles	8				X
41	Módulo de corte	1				X
42	Estrellas	32				X
43	Tornillos Sin fin	14 X				
44	Posicionadores de botellas	32				X
45	Sensores	26				X
46	Rociadores	22				
47	Termocoplas	4				
48	Guías de metal	8				
49	Guías de plástico	16				
50	Telescoping gases	1				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para identificar todas las piezas innecesarias dentro de la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET, se marcaron las piezas innecesarias con una tarjeta roja, como la que se muestra a continuación:

Figura 63. **Formato de tarjeta roja**

Tarjeta Roja			
Área		Producción	
Objeto		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			
Disposición			
Transferir a otra área			
Eliminar			
Vender			
Almacenar			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.2.5.1. Impacto de las piezas innecesarias

- Pasillos peatonales obstruidos.
- Exceso de inventario.
- Retraso en el acceso a las herramientas y piezas.
- Mal control del *stock* de repuesto y piezas.

- Áreas de trabajo en condiciones no adecuadas.
- Aumento de accidente por condiciones inadecuadas.
- Mala área de trabajo que no permite la implementación de mantenimiento autónomo, ya que no se pueden apreciar con facilidad las fugas y contaminaciones que puedan existir en los equipos, y que, frecuentemente, quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos de la línea de producción.

2.8.2.6. Resultados

Para la realización de la primera S (Selección), se tuvo el acompañamiento de los operarios y encargados como apoyo, se utilizó la tarjeta roja para lograr identificar y eliminar los objetos innecesarios que se encontraban en la línea de producción B, logrando con estas acciones resultados satisfactorios, ya que se logró aprovechar de una mejor manera el espacio para ubicar piezas y herramientas de trabajo necesarias para la realización de un cambio de presentación de una manera más rápida, para lograr reducir el tiempo de paro no programado que se produce cada vez que se realiza un cambio de presentación dentro de la línea de producción B.

2.8.3. Seiton-Orden

Se busca organizar el espacio de trabajo dentro de la línea de producción B de una forma más eficaz. Buscando la mejor forma en la cual ubicar las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación y las piezas de uso no muy frecuente ubicarlas en otra área, para evitar la pérdida de tiempo y la optimización en la realización de un cambio de presentación en la línea de producción.

2.8.3.1. Procedimientos de orden

Para llevar el control del orden de las piezas y su ubicación dentro de la planta de producción.

Tabla LXXV. Procedimientos de orden

Actividad	Descripción de actividad	Responsable
1	Con las piezas clasificadas anteriormente es necesario ubicarlos de acuerdo con la frecuencia de utilización en el área de producción.	Técnico especialista
2	Clasificar las piezas utilizando tarjetas de colores verde: Piezas de uso diario amarillo: piezas de uso frecuente. Azul: piezas de uso ocasional y rojo piezas de uso raro	Técnico especialista

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Como llevar un inventario de la ubicación de las piezas según su frecuencia de uso.

Para llevar un control de las piezas y su ubicación según su frecuencia de uso, dentro de la planta de producción B, se utiliza el siguiente formato.

- No. de pieza: colocar un número a la descripción de la pieza para poder identificarlo.
- Pieza: se describe con su nombre a la pieza para identificarlo dentro del listado. Cantidad de piezas: la cantidad de piezas innecesarias encontradas en el área de producción.
- Seleccionar por medio de una X el color de la tarjeta de la pieza según su frecuencia de uso.

2.8.3.1.1. Clasificación de piezas por colores

Las piezas y herramientas que se utilizan en un cambio de presentación serán clasificadas por colores, los cuales indican la frecuencia de uso de las piezas, se utilizarán 4 diferentes colores, los cuales son: verde, amarillo, azul y rojo.

- Verde

Todas las piezas y herramientas que están marcadas de color verde son las piezas y herramientas que los operarios utilizan a diario, para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción B, el color verde indica que las piezas son de uso diario y son fundamentales para el proceso productivo dentro de la planta de producción.

Figura 64. Tarjeta verde

Tarjeta verde			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Amarillo**

El color amarillo fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 vez por semana en la realización de un cambio de presentación, la clasificación de las piezas por colores es fundamental para destinar la nueva ubicación de las piezas, por su frecuencia de uso estas piezas marcadas con color amarillo fueron ubicadas cerca de la operación por tener una frecuencia de uso diario, dentro de la línea de producción “B”.

Figura 65. **Tarjeta amarilla**

Tarjeta amarilla			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- **Azul**

El color azul fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 vez al mes o cada dos meses, en la realización de un cambio de presentación, la clasificación de las piezas por colores es fundamental para destinar la nueva ubicación de las piezas.

Por su frecuencia de uso estas piezas marcadas con color azul fueron ubicadas cerca del proceso, por tener una frecuencia de uso ocasional, dentro de la línea de producción B.

Figura 66. **Tarjeta azul**

Tarjeta azul			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Rojo

El color rojo fue utilizado para marcar las piezas que tienen una frecuencia de uso de 1 o 2 veces al año, este tipo de piezas tienen uso raro dentro del proceso productivo dentro de la planta de producción, por lo cual serán ubicadas fuera de la planta de producción específicamente en el almacén, ordenadas por maquinaria, las cuales son las encargadas de la realización de todo el proceso productivo dentro de la línea de producción B.

Figura 67. **Tarjeta roja**

Tarjeta roja			
Área		Producción	
Pieza		Cantidad	
Descripción Objeto			
Buen estado		Otros	
Defectuoso		Especificaciones	
No uso			

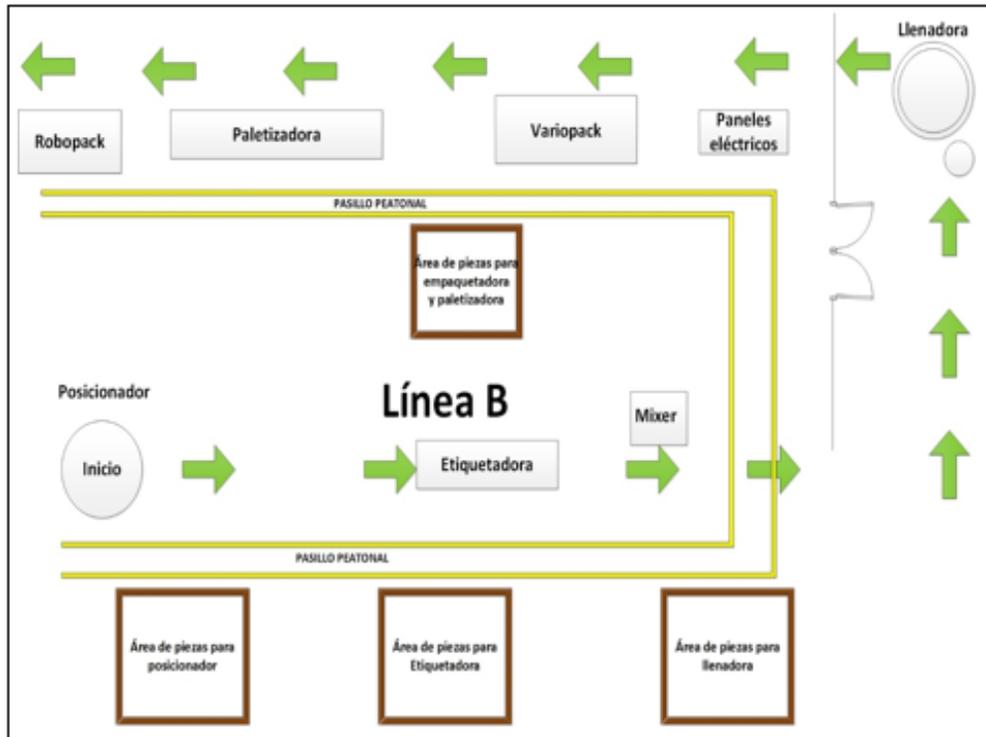
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.3.1.2. **Ubicación del área de las piezas**

- Croquis

Para lograr el rediseño de las áreas donde se van a almacenar las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación, únicamente se utilizarán áreas que están cercas a la línea de producción PET, tomando en cuenta que siempre se debe dejar un espacio considerable para el paso de los operadores dentro de la línea de producción, dejando libres todos los pasos peatonales

Figura 68. **Croquis línea B**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

2.8.3.1.3. **Mobiliario**

- Mesas

Para clasificar y almacenar de una manera más ordenada las piezas utilizadas en la línea de producción en la realización de un cambio de presentación, se utilizarán mesas que están ubicadas en la nueva área, ubicadas en el croquis de la línea de producción, estas mesas agruparán las piezas por frecuencia de uso, tipo de pieza y cercanía a la maquinaria ubicada dentro de la

línea de producción, a continuación, se muestra un ejemplo de las mesas que se utilizaron dentro de la línea de producción:

Figura 69. **Ejemplo de mesa**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

- **Repisas**

Para clasificar y ordenar las piezas dentro de la línea de producción se instalaron repisas dentro de las áreas designadas para cada equipo utilizado dentro de la línea de producción, clasificadas por frecuencia de uso y tipo de piezas para hacer más eficiente el proceso en la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción B. A continuación, se muestra un ejemplo de las repisas utilizadas dentro de la línea de producción PET.

Figura 70. **Ejemplo de repisa**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

- Caja de herramientas

Todas las herramientas utilizadas dentro de la línea de producción son almacenadas en una caja de herramientas, cada operador cuenta con su propia caja de herramientas para la realización de cambios de presentación y mantenimiento preventivo dentro de la línea de producción, a continuación, un ejemplo de las cajas de herramientas utilizadas:

Figura 71. **Ejemplo de caja de Herramientas**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.8.3.2. Implementación de Seiton

Para la implementación de Seiton, para ordenar las piezas y ubicarlas según su utilización en la realización de un cambio de presentación, se utilizó el siguiente formato que se presenta a continuación:

Tabla LXXVI. Localización de piezas

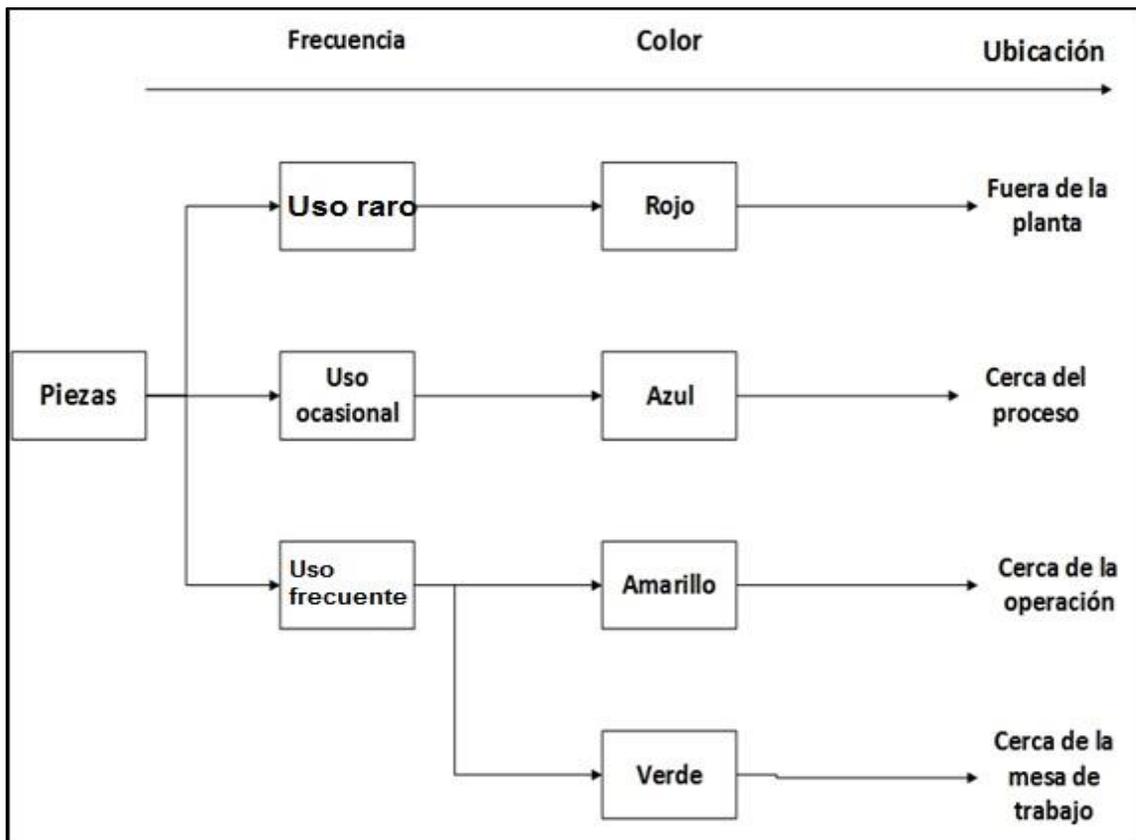
No	Pieza	Cantidad	ROJO	AZUL	AMARILLO	VERDE
1	Cilindro de Transferencia	8				X
2	Alicate	6				X
3	Guías	22				X
4	Portabobinas	4				X
5	Cangrejo	7				X
6	Cepillo	5				X
7	Corta alambre	8				X
8	Destornillador	12				X
9	Juego de copas	7				X
10	Juego de copas de profundidad	6			X	
11	Lima	5		X		
12	Linterna	4			X	
13	Llave de cangrejo	6				X
14	Llaves Allen	20				X
15	Llaves milimétricas	8			X	
16	Llaves stilson	25				X
17	Martillo de bronce	6				X
18	Niveles	3			X	
19	Esmeril	10			X	
20	Cañas	50				X
21	Platos niveladores	16				X
22	Bandas niveladoras	14			X	
23	Metro	16				X
24	Pinzas	13				X
25	Tenaza	15				X
26	Vernier	4				X
27	Evacuadores	36				X
28	Posicionadores	36		X		
29	Niveladores	36		X		
30	Alineadores	36				X
31	Válvulas	50				X
32	Tijeras para cortar lámina	4				X
33	Conos	8	X			
34	Martillo de bronce	4				X
35	Llaves Torx	11				X
36	Extensión	4				X
37	Banco	4				X
38	Gabacha	4	X			
39	Inyectores	1				X
40	Niveles	8				X
41	Módulo de corte	1				X
42	Estrellas	32				X
43	Tornillos Sin fin	14	X			
44	Posicionadores de botellas	32				X
45	Sensores	26				X
46	Rociadores	22				
47	Termocoplas	4				
48	Guías de metal	8				
49	Guías de plástico	16				
50	Telescoping gases	1				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.3.2.1. Sistema de identificación por colores

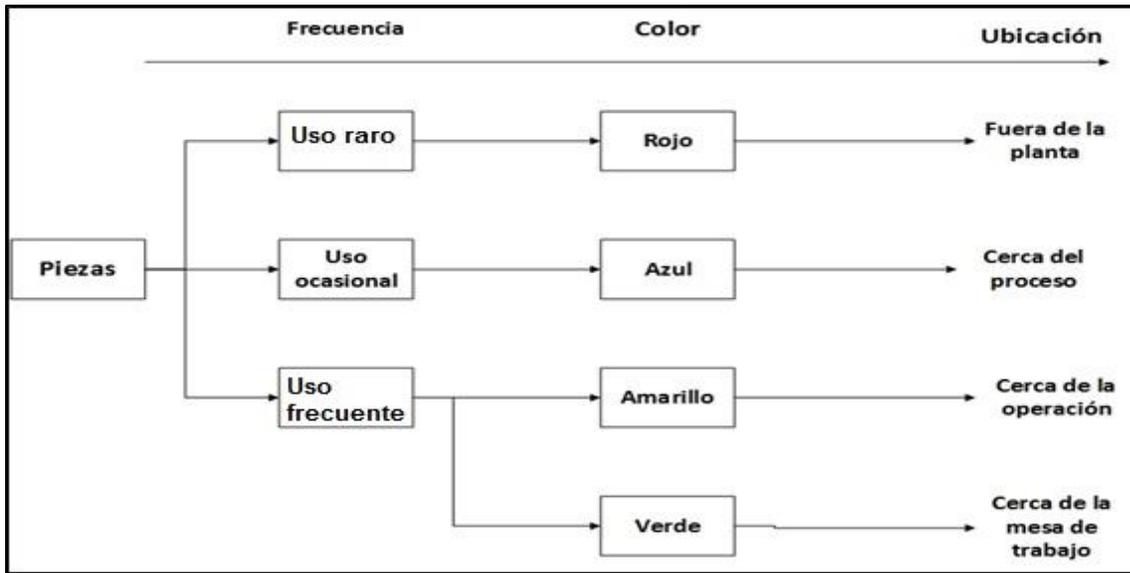
Para determinar la ubicación idónea de las piezas y herramientas que se utilizan en la realización de un cambio de presentación se utilizó el siguiente sistema, en el cual se clasifican las piezas por frecuencia de uso, y colores para determinar la ubicación, como se muestra a continuación:

Figura 72. Diagrama de clasificación de piezas por color



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 73. Diagrama de clasificación de herramientas por color



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.3.2.2. Agrupación por tipo de piezas

Las piezas necesarias para la realización de un cambio de presentación fueron agrupadas dentro de las nuevas ubicaciones dentro de la línea de producción B en 10 grupos diferentes, los cuales son:

- Estrellas
- Cilindros de transferencia
- Guías
- Tornillos sin fin
- Posicionadores
- Evacuadores
- Encoladores
- Cañas

- Lubricantes
- Pegamento

2.8.3.3. Resultados

Los resultados dentro de la línea de producción B, fueron: el orden y clasificación de las piezas según su frecuencia de uso, las piezas de uso frecuente son instaladas cerca de la estación de trabajo, liberando los pasillos peatonales y mejorando el acceso al área de trabajo. Las piezas están agrupadas por maquinaria para tener un mejor acceso y orden para la optimización en la realización de un cambio de presentación, ayudando a la mejora en la reducción de tiempo de paro no programado generado en cada ocasión que se realiza un cambio de presentación, a continuación, se muestran los resultados dentro de la línea de producción.

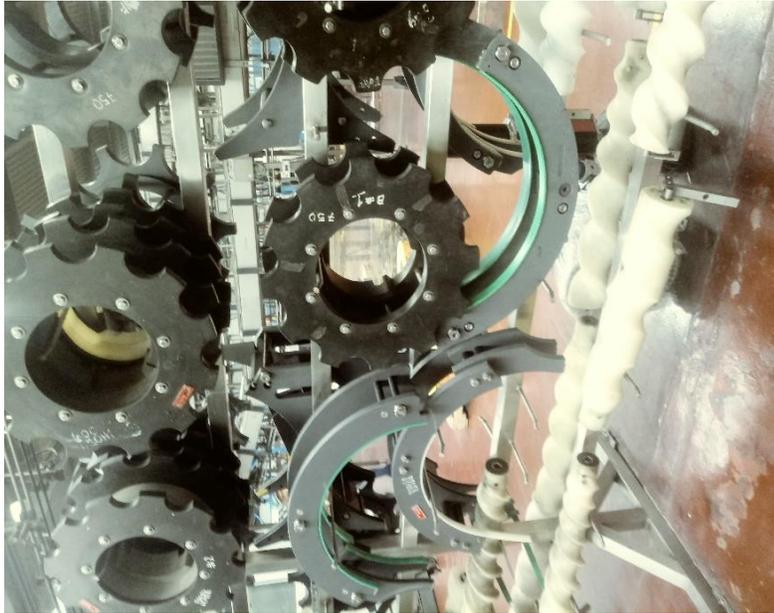
Figura 74. **Resultado de piezas**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 75. **Resultado Seiton**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

Se ubicaron las piezas clasificadas en 10 diferentes grupos, dentro de la línea de producción B, estas piezas fueron ubicadas cerca de cada equipo para evitar que los operarios caminen más de lo necesario en la realización de un cambio de presentación, y así lograr la reducción del tiempo de preparación de los equipos cada vez que se realiza un cambio de presentación dentro de la línea de producción B.

2.8.4. Seiso-Limpiar

Se busca garantizar la inocuidad dentro del área de producción para lograr garantizar que todos los productos que salgan dentro de la línea de producción son inocuos.

2.8.4.1. Procedimientos de limpieza

En la siguiente tabla se hace la descripción del procedimiento de limpieza en los pisos.

Tabla LXXVII. Procedimiento de limpieza de pisos

Área/Equipo	Procedimientos	Equipo a utilizar	Frecuencia	Encargado
Pisos	<p>Limpieza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recoger los residuos presentes dentro de la línea de producción. • Barrer muy bien los pisos con ayuda de la escoba y recoger el polvo utilizando el recogedor. • Depositar la basura en los depósitos correspondientes, según clasificación de desechos. • Colocar el limpiador en el piso y humedecer por todos lados para eliminar la suciedad en el piso. • Aplicar abundante agua sobre los pisos para retirar el limpiador 	Escoba y recogedor con solución desinfectante.	Diario	<p>Técnico Especialista</p> <p>Técnico Especialista</p> <p>Supervisado por encargado de línea.</p> <p>Encargo de limpieza Soprinsa</p>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.5. Implementación de Seiso

Con la implementación de Seiso se garantiza que la línea de producción realiza productos inocuos, dejando una constancia de trazabilidad dentro de todo el proceso productivo.

2.8.5.1. Hoja de control

En las estaciones de trabajo se encuentra una hoja de control para verificar el tiempo en la realización de un cambio de presentación, si están cumpliendo con las metas establecidas para la realización de este.

Figura 76. Hoja de control

Hoja de control para cambios de presentación	
Elaborado por _____	Inicia: _____
Cargo: _____	Finaliza: _____
Fecha: _____	Turno: _____
<div style="border: 1px solid black; height: 300px; width: 100%;"></div>	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.5.3. Resultados

Se logró la clasificación de la basura dentro de la línea de producción en: cartón, nylon, pet y otros. Se estableció un área para asignar los recipientes de basura según su clasificación con un fácil acceso para los colaboradores cerca de su área de trabajo, manteniendo un área limpia y con fácil acceso a todo el proceso productivo como se muestra a continuación:

Figura 78. Clasificación de basura línea B



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 79. **Limpieza**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

2.8.6. Seiketsu-Estandarizar

Busca la estandarización de las actividades necesarias para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción, logrando la reducción del tiempo de preparación de los equipos.

2.8.6.1. Toma de tiempos en cambio de presentación

Después de identificar puntos de mejora y establecer las 3S se procedió a realizar un estudio de tiempos en la realización de un cambio de presentación, Es muy importante mencionar que no se tomaron en consideración las interrupciones por otros empleados o encargados, ya que los tiempos tuvieron una duración muy corta. en ocasiones un elemento extraño tiene una duración tan pequeña que es imposible registrarlo. Para la realización del estudio de tiempo se estableció el número exacto de observaciones con un método

estadístico, para la realización del estudio de tiempo para la realización de un cambio de presentación se utilizará una distribución t.

Por lo que el número de observaciones se define como:

$$n = \left(\frac{ts}{kx} \right)^2$$

Donde:

- T: valor de la distribución
- S: desviación estándar
- K: probabilidad de error
- X: media

Tomando como base datos históricos de la línea de producción B es de 25 observaciones y una media de 2,86 horas en la realización de un cambio de presentación con una desviación estándar de 0,66. Se consideró una probabilidad de error de un 5 % para 24 grados de libertad (25 menos 1 grado de libertad) lo que proporciona una $t = 1.711$. Se utilizará la ecuación anterior para calcular la cantidad de observaciones necesarias para realizar el estudio de tiempo.

$$n = \left(\frac{1,711 * 0,66}{0,05 * 2,86} \right)^2 = 19,82 \sim 20 \text{ observaciones}$$

Para lograr realizar el estudio de tiempo dentro de las líneas de producción PET, se procedió a realizar el estudio de tiempo en paralelo en ambas líneas, para determinar un tiempo estándar en ambas líneas de producción, y

estandarizar los procedimientos en la realización de un cambio de presentación después de aplicar las 3S, esto es posible de realizar ya que las 2 líneas de producción cuentan con la misma maquinaria utilizada para la realización de bebidas carbonatadas y no carbonatadas, la única excepción que existe dentro de la línea de producción es la llenadora, pero esto no afecta el estudio de tiempo, ya que la diferencia es la velocidad de llenado, pero los ajuste a la llenadora para la realización de un cambio de presentación son los mismos para las 2 líneas de producción.

A continuación, se muestran los tiempos registrados para los 5 equipos dentro de la línea de producción PET.

Tabla LXXVIII. Tiempo registrado después de aplicar mejoras en llenadora

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Enjuague del tazón de llenadora	9,32	9,34	9,23	10,09	9,34	9,67	10,03	9,45	9,89	10,23
2	Desmotar guía salida	3,4	4,5	6,02	8,43	5,45	5,67	6,02	6,78	6,78	6,32
3	Desmontar estrella salida	5,32	5,36	5,31	5,34	5,31	5,45	5,21	5,34	5,05	5,06
4	Aflojar tornillos	5,5	5,8	6,7	4,56	4,56	6,54	7,67	5,43	4,56	6,78
5	Montar estrella y guía de salida	7,89	7,21	7,34	7,21	7,67	7,21	7,56	7,21	7,56	7,78
6	Levantar llenadora	3,4	5,4	4,5	4,7	5,6	3,2	3,6	4,3	6,7	3,45
7	Ajuste de altura de levas	5,6	7,5	8,5	6,5	7,54	6,54	7,89	5,4	6,87	8,65
8	Bajar el tazón de llenadora	4,5	5,4	3,67	4,32	5,1	4,2	4,6	3,2	5,43	4,32
9	Cambio de cañas	3,4	3,6	3,8	3,7	3,2	3,9	4,32	4,67	3,87	4,21

No.	Actividad	Observaciones										t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Enjuague del tazón de llenadora.	9,03	9,78	10,23	10,34	9,45	9,21	8,98	9,21	9,67	10,02	9,63
2	Desmotar guía salida.	4,34	4,21	5,02	5,89	4,89	5,06	5,67	6,78	6,54	6,7	5,72
3	Desmontar estrella salida.	5,01	5,06	5,01	5,9	5	6,65	5,89	6,21	5,89	6,05	5,47
4	Aflojar tornillos.	5,5	5,1	5,3	5,6	5,6	6,5	6,7	5,4	5,43	5,4	5,73
5	Montar estrella y guía de salida.	7,21	7,67	7,21	7,89	7,21	7,89	7,21	7,89	7,21	7,45	7,47
6	Levantar llenadora.	3,67	4,56	5,67	6,54	4,56	5,43	5,03	4,32	3,45	3,21	4,56
7	Ajuste de altura de levas.	7,9	5,9	6,32	6,32	6,32	6,98	7,87	8,32	7,43	7,89	7,11
8	Bajar el tazón de llenadora.	4,56	5,67	4,21	4,89	5,21	4,29	5,78	4,32	5,05	5,9	4,73
9	Cambio de cañas.	3,78	4,78	5,21	3,21	3,89	3,21	3,45	3,21	3,21	0,267	3,64
Total Minutos												54,08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LXXIX. **Tiempo registrado después aplicar mejoras en posicionador**

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desmontar posicionadores.	12,3	10,67	12,3	13,5	10,45	11,56	10,21	9,21	10,23	10,45
2	Desmontar separadores.	10,34	9,21	9,23	9,45	10,21	9,45	10,25	11,23	9,45	9,45
3	Desmontar estrella de salida.	5,43	4,56	5,78	6,21	4,31	6,78	5,21	4,67	5,89	6,21
4	Desmontar guía de salida.	5,32	4,56	5,67	4,63	5,89	6,89	5,21	5,29	6,33	5,21
5	Montar posicionadores.	8,21	8,45	9,02	8,34	9,06	9,02	9,05	8,23	9,23	8,89
6	Montar separadores.	9,56	8,32	9,67	8,21	9,45	8,45	9,32	8,56	10,21	9,67
7	Montar estrella y guía de salida.	3,45	3,45	3,67	3,21	3,56	3,21	3,56	3,89	3,21	3,45

No.	Actividad	Observaciones											t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	Desmontar posicionadores.	11,2 3	10,4 5	11,2 1	10,6 7	12,4 5	9,67	10,3 4	9,67	10,2 1	9,21		10,80
2	Desmontar separadores.	9,21	10,2 1	13,4 5	11,2 3	9,21	10,3 4	11,2 3	12,3 4	12,5 6	12,3 4		10,52
3	Desmontar estrella de salida.	5,89	4,21	3,56	5,67	3,21	4,21	4,78	3,56	4,21	2,67		4,85
4	Desmontar guía de salida.	6,89	4,67	5,21	4,35	4,67	4,21	4,89	5,32	3,67	3,78		5,13
5	Montar posicionadores.	8,21	8,34	8,21	8,31	8,23	9,02	9,45	8,78	9,23	9,45		8,74
6	Montar separadores.	10,2 1	9,78	8,56	7,89	10,2 1	9,45	10,2 1	11,5 6	12,4 5	16,7 8		9,93
7	Montar estrella y guía de salida.	3,78	4	4,03	3,78	4,06	3,97	4	4,02	4,06	3,56		3,70
Total Minutos													53,66

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LXXX. **Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la empaquetadora**

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Desmontar piezas de formato.	4,56	4,89	4,21	4,78	4,56	3,89	4,04	5,21	4,67	5,08
2	Ajustar posicionador de botellas.	9,13	10,89	10,56	10,34	9,57	11,67	12,67	10,67	9,9	10,38
3	Cargar nueva receta.	3,45	2,45	2,78	3,02	3,22	3,07	2,65	2,93	2,89	2,56
4	Calentar el horno del túnel.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5	Montar piezas de formato.	5,67	4,35	5,67	4,32	4,67	5,21	4,56	5,45	4,21	4,78
6	Ajuste de transporte de salida.	7,54	8,02	7,21	8,45	7,32	7,89	8,21	8,56	7,21	7,89
7	Pruebas de módulo de corte.	5,43	4,56	4,89	4,21	4,78	5,03	5,02	4,67	5,02	5,34

Continuación de la tabla LXXX.

No.	Actividad	Observaciones										
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	t prom
1	Desmontar piezas de formato.	11,23	9,34	8,89	10,67	11,34	9,67	10,34	9,67	10,21	9,21	5,02
2	Ajustar posicionador de botellas.	1,23	2,45	3,21	1,25	2,21	3,21	2,45	1,78	1,55	1,21	9,89
3	Cargar nueva receta.	4,56	4,34	4,78	4,21	4,67	4,34	5,67	3,21	4,25	3,9	2,95
4	Calentar el horno del túnel.	4,56	4,67	5,23	5,04	5,22	4,34	6,45	5,89	5,21	5,05	10,00
5	Montar piezas de formato.	5,67	5,21	5,34	5,78	5,65	4,23	4,21	4,89	4,02	3,54	5,05
6	Ajuste de transporte de salida.	8,9	7,89	9,08	7,46	8,89	8,45	9,56	8,89	9,26	10,23	8,05
7	Pruebas de módulo de corte.	5,67	4,21	3,67	4,89	5,06	3,56	4,21	4,89	4,21	4,89	4,82
Total Minutos												45,77

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LXXXI. **Tiempos registrados después de aplicar mejoras a etiquetadora**

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	5,34	4,67	5,21	4,78	5,02	4,21	4,78	5,06	4,31	4,21
2	Cambio de estrella de paro de botella.	3,21	2,34	4,21	2,45	1,32	1,78	1,21	1,78	1,21	1,89
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4,32	4,56	5,32	5,21	4,31	3,45	4,67	5,21	4,21	5,21
4	Cambio de tornillo sin fin.	4,32	5,67	3,21	4,89	5,32	5,89	4,56	6,78	5,89	3,21
5	Cambio de estrella de entrada.	5,45	5,21	6,45	7,21	6,32	5,34	5,01	4,34	5,67	4,21
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	8,21	7,34	6,54	5,32	5,67	6,89	7,21	8,01	7,67	8,04
7	Cambio de estrella de salida.	6,67	6,45	5,21	5,89	6,04	5,21	5,78	4,56	5,21	5,78
8	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	2,3	2,21	2,45	2,21	2,56	3,02	2,34	3,04	2,34	2,03
9	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	5,67	5,32	5,89	5,78	5,79	5,21	5,89	4,21	6,03	5,21
10	Ajuste de altura de carrusel.	4,36	5,67	4,21	5,78	4,56	3,21	4,89	3,02	2,87	5,25
11	Alineación de etiqueta.	1,9	2,67	1,67	1,89	1,87	1,9	2,06	1,97	2,04	2,34
12	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	3,21	3,67	2,97	2,65	2,45	3,04	2,78	3,06	2,78	2,03

No.	Actividad	Observaciones										
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	t cronometrado
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	4,21	4,56	4,21	4,78	3,99	4	3,67	4,21	5,01	5,08	4,57
2	Cambio de estrella de paro de botella.	1,23	2,45	3,21	1,25	2,21	3,21	2,45	1,78	1,55	1,21	2,10
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4,56	4,34	4,78	4,21	4,67	4,34	5,67	3,21	4,25	3,9	4,52
4	Cambio de tornillo sin fin.	4,56	4,67	5,23	5,04	5,22	4,34	6,45	5,89	5,21	5,05	5,07
5	Cambio de estrella de entrada.	5,67	5,21	5,34	5,78	5,65	4,23	4,21	4,89	4,02	3,54	5,19
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	8,9	7,89	9,08	7,46	8,89	8,45	9,56	8,89	9,26	10,23	7,98
8	Cambio de estrella de salida.	5,9	6,06	5,89	4,21	4,89	5,21	5,21	4,21	6,78	5,21	5,52
10	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	3,05	3,01	2,78	3,02	2,56	2,98	3,05	3,21	3,01	2,56	2,69
11	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	4,78	4,89	3,89	5,78	5,01	5,45	5,07	5,27	5,89	5,32	5,32
12	Ajuste de altura de carrusel.	5,78	4,89	5,06	5,34	4,12	3,89	3,43	2,98	4,22	4,12	4,38
13	Alineación de etiqueta.	1,9	2,89	2,04	2,78	1,89	2,78	1,23	1,87	1,75	1,3	2,04
14	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	2,56	3,21	2,89	3,45	3,08	2,94	3,45	3,78	2,98	3,07	3,00
Total Minutos												52,36

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla LXXXII. **Tiempos registrados después de aplicar mejoras en la paletizadora**

No.	Actividad	Observaciones									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cargar programa.	5,45	4,56	5,67	4,78	4,56	3,89	4,04	4,06	5,67	5,08
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,54	6,78	5,43	5,21	5,78	5,21	5,89	6,89	6,23	5,78
3	Ajuste de transporte de salida.	14,34	15,67	14,78	15,78	15,21	14,9	14,67	15,23	15,02	15,34

No.	Actividad	Observaciones										t cronometrado
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	Cargar programa.	5,06	4,56	6,43	5,43	4,21	4,89	4,87	4,9	5,78	5,21	4,96
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,78	5,21	5,67	6,03	6,06	6,12	6,22	6,32	6,14	6,16	6,02
3	Ajuste de transporte de salida.	15,78	14,87	14,9	18,9	14,21	15,78	15,9	14,21	15,9	15,21	15,33
Total Minutos												26,31

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Análisis de resultados de la toma de tiempo

Se utiliza un sistema de calificación del desempeño, se evalúa la efectividad del operario en términos de desempeño de un operario calificado que realiza los cambios de presentación. El valor de la calificación se representa con un porcentaje y se le asigna al proceso observado. Un operario calificado se define como un operario con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbrada en una estación de trabajo, a un paso no demasiado rápido y no demasiado lento, sino representativo de uno que se puede mantener a lo largo del día. Se utilizará el sistema de calificación *Westinghouse*. Este método considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidades, esfuerzo, condiciones y consistencia.

Habilidad se define como el nivel de competencia para seguir un método dado y relacionado con la experiencia. La habilidad de una persona en una operación dada que aumenta con el tiempo, debido a que se familiariza con el trabajo y tendrá más rapidez en la realización de su trabajo. El sistema de

Westinghouse enumera seis clases de habilidades que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior como se muestra a continuación:

Tabla LXXXIII. **Sistema de calificación de habilidades de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,15	A	Superior
0,13	A2	Superior
0,11	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,06	C1	Bueno
0,03	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,1	E2	Aceptable
-0,16	F1	Malo
-0,22	F2	Malo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Esfuerzo se define como una demostración de la voluntad para trabajar con efectividad. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad. Las seis clases de calificación son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, como se muestra a continuación:

Tabla LXXXIV. **Sistema de calificación de esfuerzo de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,13	A	Excesivo
0,12	A2	Excesivo
0,1	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,05	C1	Bueno
0,02	C2	Bueno
0	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,18	E2	Aceptable
-0,12	F1	Malo
-0,17	F2	Malo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Las condiciones de calificación del desempeño afectan al operario y no a la operación. Esta se califica como normal o promedio. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen: temperatura, ventilación, luz y ruido. Las seis clases de condiciones de trabajo son: ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo. Como se muestra a continuación.

Tabla LXXXV. **Sistema de calificación de condiciones de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,06	A	Ideal
0,04	B	Excelente
0,02	C	Buena
0	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	mala

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala. *Westinghouse* le coloca letras a cada clase para identificarlas (A, B, C, D, entre otros) y les da ponderaciones que van desde 0,04 a la opción de perfecta más alta, hasta -0,04 a la opción de mala considerada como la más baja. Como se muestra en a continuación:

Tabla LXXXVI. **Sistema de calificación de consistencia de *Westinghouse***

Código	Calificación	Condición
0,04	A	Perfecta
0,03	B	Excelente
0,01	C	Buena
0	D	Promedio
-0,02	E	Aceptable
-0,04	F	Mala

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

El principio básico al calificar el desempeño es ajustar el tiempo cronometrado o tiempo observado (T_C) para cada operación, durante el estudio de tiempo para obtener el tiempo normal (T_N) que necesita el operario calificado para realizar el cambio de presentación.

$$T_N = T_C * C$$

Donde C es la calificación o concesiones del desempeño del operario.

Para lograr realizar un estudio adecuado al calificar, se consideró la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, comparado con la cantidad de trabajo que produciría el trabajador calificado.

Para la realizar un análisis preciso se realizó el estudio por equipo o maquinaria considerando la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo como se muestra a continuación:

Tabla LXXXVII. **Calificación de concesiones**

Concesiones	Llenadora		Etiquetadora		Posicionador		Empacadora		Paletizadora	
	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación	Código	Calificación
Habilidad	C2	0,03	C2	0,03	B2	0,08	B2	0,08	C1	0,06
Esfuerzo	C1	0,05	C1	0,05	E1	-0,04	E1	-0,04	C1	0,05
Condiciones	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03	E	-0,03
Consistencia	E	-0,02	E	-0,02	D	0	D	0	D	0
Total		0,03		0,03		0,01		0,01		0,08

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Suplementos

El tiempo que se necesita para que un operario calificado y capacitado logre trabajar a un paso normal se le denomina tiempo estándar (T_e) en la realización de un cambio de presentación en la línea de producción A.

$$T_e = T_n * (1 + suplementos)$$

Las necesidades personales de los operarios, como, por ejemplo: ir al sanitario o beber agua. En la actualidad no existe base científica para lograr asignar un porcentaje real numérico para estas necesidades, pero realizando un estudio dentro de la línea de producción se llegó a la conclusión que un suplemento de un 5 % cumplía con las necesidades de los operarios dentro de la línea de producción.

El suplemento por fatiga es una constante que logrará tomar en cuenta la energía que el operario consume para llevar a cabo su trabajo dentro de la línea de producción PET y aliviar la monotonía de los trabajos repetitivos.

Para esta línea de producción se consideró un 4 % del tiempo normal para todos los operarios dentro de línea de producción PET, ya que se considera un trabajo ligero, sentado y en buenas condiciones.

La información para el cálculo de los suplementos utilizados para el cálculo del tiempo estándar se detalla a continuación:

Tabla LXXXVIII. **Suplementos utilizados para el análisis**

A. Suplementos constantes		
1. Personal	_____	5
2. Por fatiga básica	_____	4
B. Suplementos variables		
1. Por estar de pie	_____	2
2. Por posición anormal:		
a) un poco incómoda	_____	0
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar):		
10 _____		1
4. Mala iluminación		
a) un poco debajo de la recomendada	_____	0
6. Atención requerida		
b) trabajo fino o preciso	_____	2
7. Nivel de ruido:		
a) continuo	_____	0
8. Estrés mental:		
a) proceso bastante complejo	_____	1
9. Monotonía		
a) nivel bajo	_____	0
10. Tedio		
a) algo tedioso	_____	0
Total		15

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

A continuación, se visualizan los tiempos registrados para cada una de las 5 máquinas que se encuentran dentro de la línea de producción PET.

Tabla LXXXIX. **Tiempo registrado para llenadora**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Enjuague del tazón de llenadora.	9,63	3,00%	9,91	15,00 %	11
2	Desmontar guía salida.	5,72	3,00%	5,90	15,00 %	7
3	Desmontar estrella salida.	5,47	3,00%	5,64	15,00 %	6
4	Aflojar tornillos.	5,73	3,00%	5,90	15,00 %	7
5	Montar estrella y guía de salida.	7,47	3,00%	7,70	15,00 %	9
6	Levantar llenadora.	4,56	3,00%	4,70	15,00 %	5
7	Ajuste de altura de levas.	7,11	3,00%	7,33	15,00 %	8
8	Bajar el tazón de llenadora.	4,73	3,00%	4,87	15,00 %	6
9	Cambio de cañas.	3,64	3,00%	3,75	15,00 %	4
Total en Minutos		54,08				64,05

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XC. **Tiempo registrado para posicionador**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Desmontar posicionadores.	10,80	1,00 %	10,91	15,00 %	13
2	Desmontar separadores.	10,52	1,00 %	10,62	15,00 %	12
3	Desmontar estrella de salida.	4,85	1,00 %	4,90	15,00 %	6
4	Desmontar guía de salida.	5,13	1,00 %	5,18	15,00 %	6
5	Montar posicionadores.	8,74	1,00 %	8,82	15,00 %	10
6	Montar separadores.	9,93	1,00 %	10,03	15,00 %	12
7	Montar estrella y guía de salida.	3,70	1,00 %	3,73	15,00 %	4
	Total en Minutos	53,66				62,33

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XCI. **Tiempo registrado en etiquetadora**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Ajuste de guías de entrada de botella.	4.57	3.00%	4.70	15.00%	5
2	Cambio de estrella de paro de botella.	2.10	3.00%	2.16	15.00%	2
3	Cambio de guía de tornillo sin fin.	4.52	3.00%	4.66	15.00%	5
4	Cambio de tornillo sin fin.	5.07	3.00%	5.22	15.00%	6
5	Cambio de estrella de entrada.	5.19	3.00%	5.34	15.00%	6
6	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	7.98	3.00%	8.21	15.00%	9
7	Cambio de estrella de salida.	5.52	3.00%	5.68	15.00%	7
8	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	2.69	3.00%	2.77	15.00%	3
9	Marca de corte y etiqueta hacia cilindro de transferencia.	5.32	3.00%	5.48	15.00%	6
10	Ajuste de altura de carrusel.	4.38	3.00%	4.51	15.00%	5
11	Alineación de etiqueta.	2.04	3.00%	2.10	15.00%	2
12	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	3.00	3.00%	3.09	15.00%	4
	Total en minutos	52.36				62.02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XCII. **Tiempo registrado empacadora**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Desmontar piezas de formato.	5,02	1,00 %	5,07	15,00 %	5,83
2	Ajustar posicionador de botellas.	9,89	1,00 %	9,99	15,00 %	11,48
3	Cargar nueva receta.	2,95	1,00 %	2,98	15,00 %	3,42
4	Calentar el horno del túnel.	10,00	1,00 %	10,10	15,00 %	11,62
5	Montar piezas de formato.	5,05	1,00 %	5,10	15,00 %	5,87
6	Ajuste de transporte de salida.	8,05	1,00 %	8,13	15,00 %	9,35
7	Pruebas de módulo de corte.	4,82	1,00 %	4,86	15,00 %	5,59
	Total en minutos	45,77				53,17

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla XCIII. **Tiempo registrado paletizadora**

No.	Pasos	t prom	C	Tnormal	Suplemento	T Estándar
1	Cargar programa.	4,96	8,00 %	5,35	15,00 %	6,15
2	Reiniciar a posición de arranque.	6,02	8,00 %	6,50	15,00 %	7,48
3	Ajuste de transporte de salida.	15,33	8,00 %	16,56	15,00 %	19,04
	Total en minutos	26,31				32,67

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.7. Implementación de Seiketsu

Dentro de la línea de producción se determinaron los parámetros de operación según la presentación a producir dentro de la línea de producción, estos parámetros fueron necesarios para capacitar al personal de la forma correcta y adecuada de cómo se deben realizar los ajustes a los equipos al momento de la realización de un cambio de presentación, reduciendo el tiempo de paro no programado dentro de la línea de producción y generando un aumento de la eficiencia dentro de la línea.

2.8.7.1. Parámetros de operación

Después de realizar pruebas de ajuste de los equipos se logró la estandarización de los parámetros de operación según presentación a producir que varía de 2,5 L hasta 3,3 L dentro de la línea de producción B, a continuación, se muestran los parámetros estandarizados por cada equipo para reducir el tiempo en la realización de un cambio de presentación, generando el aumento en la eficiencia dentro de la línea de producción B.

Dentro de la línea de producción se determinaron los parámetros de operación para los equipos, como los son: la etiquetadora, posicionador,

empaquetadora y llenadora. En estos se determinaron los parámetros de CO2 necesarios para la operación: nitrógeno para la llenadora, el aire comprimido necesario para evitar problemas al momento del arranque de los equipos. Dentro de la etiquetadora se determinaron todos los ajustes necesarios que debe realizar el operario al momento de realizar el cambio de presentación, el cual varía por tipo de presentación a producir, logrando una estandarización de cómo se debe de realizar el cambio de presentación, reduciendo el tiempo de paro no programado dentro de la línea de producción B.

Tabla XCIV. **Parámetros de operación etiquetadora**

Parámetros	2.5 L	3 L	3.3 L	2.5 L no carbonatada	3 L no carbonatada
Largo de etiqueta.	258	264	268	258	264
Altura de carrusel.	24	26	27	24	26
Tipo de estrella de entrada.	2	3	3.3	2	3
Tipo de estrella de salida.	2	3	3	2	3
Cilindro de transmisión.	2.5	3L	3.3L	2.5	3L
Tipo de guía para carrusel.	Verde	Sin guía	Sin guía	Verde	Sin guía
Tipo de guía para estrella.	Sin guía	Blanca	Verde	Sin guía	Blanca
Porta bobina 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 1.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Porta bobina auxiliar 2.	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo	1 Rollo
Traslape de etiqueta.	5mm	5 mm	5 mm	5mm	5 mm
Color de altura de la porta bobina.	Morado	Rojo	Blanco	Morado	Rojo
Patines del carrusel.	Juego 1	Juego 2	Juego 3	Juego 1	Juego 2
Altura de la mesa.	1990	2024	2030	1990	2024
Largo de la mesa.	1750	1850	1872	1750	1850

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 80. **Parámetros posicionador**

POSICIONADOR		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	N/A	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	4 – 7 BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Figura 81. **Parámetros llenadora**

Llenadora		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	25 psi	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	5..5 – 6BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

Figura 82. **Parámetros empacadora**

Variopac		
Energía eléctrica	440 V	
Banda de operación	Presión	Temperatura
Refrigeración	N/A	N/A
Co2	N/A	N/A
Nitrógeno	N/A	N/A
Vapor	N/A	N/A
Aire comprimido	6 - 6.5BAR	N/A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

2.8.7.2. Instructivo para la realización en un cambio de presentación por equipo

- Llenadora

El operador de la línea de producción tiene que realizar un enjuague en la tubería dentro de la llenadora, tiene que realizar una inspección para verificar que todo está bien, que las cañas de la llenadora están en su lugar, para proceder al proceso de cambio de presentación dentro de la llenadora.

Tabla XCV. **Instructivo para cambio de presentación llenadora**

Máquinas	Llenadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Enjuague del tazón de llenadora.	11	Técnico especialista de llenadora
	Desmontar guías salida.	7	
	Desmontar estrella salida.	6	
	Aflojar tornillos.	7	
	Montar estrella y guía de salida.	9	
	Levantar llenadora.	5	
	Ajuste de altura de levas.	8	
	Bajar el tazón de llenadora.	6	
	Cambio de cañas.	6	
	TOTAL POR MÁQUINA	65	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Etiquetadora

El operador antes de iniciar el cambio de presentación tiene que detener la máquina por seguridad, debe limpiar el área donde se encuentra el pegamento para evitar problemas en la realización del cambio de cilindro de transferencia dentro de la etiquetadora.

Tabla XCVI. **Instructivo para cambio de presentación etiquetadora**

Máquinas	Etiquetadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Ajuste de guías de entrada de botella.	5	Técnico especialista de etiquetadora
	Cambio de estrella de paro de botella.	2	
	Cambio de guía de tornillo sin fin.	5	
	Cambio de tornillo sin fin.	6	
	Cambio de estrella de entrada.	6	
	Cambio y ajuste cilindro de transferencia.	9	
	Cambio de estrella de salida.	7	
	Colocar rollo nuevo en los 4 porta bobinas.	3	
	Marca de corte y etiqueta en cilindro de transferencia.	6	
	Ajuste de altura de carrusel.	5	
	Alineación de etiqueta.	4	
	Ajuste de altura de etiqueta en botella.	4	
	TOTAL POR MÁQUINA	62	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Empaquetadora

El técnico especialista tiene que retirar el termoencogible del módulo de corte, realizar ajustes en los posicionadores de botella, para evitar que las botellas se caigan en la banda transportadora, ajustar la temperatura del horno según la presentación que se desea producir en la línea de producción.

Tabla XCVII. **Instructivo para cambio de presentación empaquetadora**

Máquinas	Empacadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Desmontar piezas de formato.	6	Técnico especialista de empaquetadora
	Ajustar posicionadores de botellas.	11	
	Carga nueva receta.	3	
	Calentar el horno del túnel.	12	
	Montar piezas del formato.	6	
	Ajuste de transporte de salida.	9	
	Prueba de módulo de corte.	6	
	TOTAL POR MÁQUINA	53	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Posicionador

El técnico especialista tiene que desmontar los 36 evacuadores y 36 posicionadores dentro del posicionador de envases de la línea de producción, verificar que no exista botella aplastada dentro del posicionador que pueda causar algún problema al momento del arranque de producción, en el panel de control debe programar la velocidad de operación que depende el tipo de envase que se va a utilizar al momento de la producción.

Tabla XCVIII. Instructivo para cambio de presentación posicionador

Máquinas	Posicionador		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Desmontar posicionadores.	12	Técnico especialista Posicionador
	Desmontar separadores.	12	
	Desmontar estrella de salida.	6	
	Desmontar guía de salida.	6	
	Montar posicionadores.	10	
	Montar separadores.	12	
	Montar estrella y guía de salida	4	
	TOTAL POR MÁQUINA	62	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Paletizadora

El técnico especialista tiene que reiniciar el programa, y cargar el nuevo programa según la presentación que se necesita producir, para la realización de las camas en el proceso de entarimado.

Tabla XCIX. Instructivo para cambio de presentación paletizadora

Máquinas	Paletizadora		
	ACTIVIDADES:	TIEMPO (MIN)	Responsable
CAMBIO DE PRESENTACIÓN	Cargar programa	6	Técnico especialista paletizadora
	Reiniciar a posición de arranque	8	
	Ajuste de transporte de entrada	19	
	TOTAL POR MÁQUINA	33	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.7.3. Manual de procedimientos para un cambio de presentación

El manual de procedimientos fue utilizado para la estandarización de los pasos para la realización de un cambio de presentación dentro de la línea de producción B, el cual fue creado para obtener una información detallada, ordenada, y sistemática que contienen todas las instrucciones detalladas para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción B.

- **Objetivo:**

Estandarizar los procedimientos para la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET, cuidando la integridad física de los operadores, las buenas prácticas de fabricación y aumentando la eficiencia dentro de la línea de producción.

- **Alcance:**

El Manual Aplica para la maquinaria utilizada dentro de la línea de producción PET en Embotelladora, S. A.

- **Responsabilidad:**

- **Operador de cada máquina**
 - Participa en el levantamiento del manual para dar arranque a la línea de operación del equipo y final de producción en los equipos que opera.
- **Jefe/Coordinador de Producción:**
 - Velar por el levantamiento del manual por equipo.

- Capacitar al personal a su cargo junto al operador referente del equipo.
 - Gerente Planta:
 - Validar los manuales operativos de cada equipo.
 - Velar por la actualización, ya sea por modificaciones del proceso, cambios de equipos, equipos nuevos o por revisión anual del instructivo.
- Materiales/equipos
 - Cámara fotográfica, instrumentos de medición, entre otros.

Figura 83. **Ejemplo de formato utilizado para manual de procedimientos**

Cambio de sabor y presentación						
Nombre de Línea: Línea A			Nombre de equipo: Paletizadora			
Cambio de presentación de: PET						
PASOS			CÓMO EJECUTAR			
No.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MIN)	DESCRIPCIÓN PASO A PASO	Herramienta	FOTOGRAFÍA/ TABLA	
1	Seleccionar nuevo formato	5	1. Seleccionar formato en panel de control que maneje sabor y presentación. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Panel de control		
2	Ajustar ancho de transporte entrada	35	1. Ajustar ancho de transporte correspondiente a la presentación y si es 24 o 12 pack. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Manijas		
3	Ajustar topes	10	1. Ajustar topes dependiendo del tamaño del paquete. Según tabla de parámetros de paletizadora línea A.	1. Allen 3/16"		
4	Ajustar velocidad	15	1. Ajustar velocidad dependiendo de tamaño de paquete. Según tabla de parámetros de velocidades línea A.	1. Panel de control de motores		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.7.4. Matriz de cambios

A continuación, se presentan unas tablas guía de ayuda para los cambios de presentación, en la primera columna se muestra el producto actual y en la primera fila se muestra la presentación a la cual se va a cambiar.

Esta matriz será utilizada para la planeación de producción diaria, dentro de la línea de producción para evitar la mayor cantidad de cambio de presentación, realizando una excelente programación de producción.

Figura 84. Matriz de cambio de presentación

MATRIZ DE CAMIBO LÍNEA B			
PRESENTACIÓN	2.5 L	3 L	3.3 L
2.5 L		Ajuste	Cambio
3 L	Ajuste		Cambio
3.3 L	Cambio	Cambio	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.7.5. Resultados

Se logró la estandarización de los pasos para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET, después de realizar el estudio de tiempo se logró determinar el tiempo necesario para realización de presentación, con la implementación de los pasos en la realización de un cambio de presentación aplicando la metodología 5'S se reduce el tiempo de paro no programado en la realización de un cambio de presentación, estableciendo cambios rápidos de presentación, aumentando la eficiencia de la línea de producción con la reducción del tiempo de paro no programado.

un formato para lograr identificar puntos de mejora dentro de la línea de producción, como se muestra a continuación:

Tabla C. Control de 5'S

	1 Muy malo	2 Malo	3 Regular	4 Bueno	5 Muy bueno							
CATEGORIA	PREGUNTAS					1	2	3	4	5	COMENTARIOS	
SELECCIÓN	1	Todavía existen elementos innecesarios en los puestos de trabajo.										
	2	Están ordenadas las piezas según frecuencia de uso.										
	3	Los corredores y áreas de trabajo están despejados.										
	TOTAL											
ORDENAR	1	Existe un lugar específico para herramientas.										
	2	Es fácil reconocer el lugar de cada cosa.										
	3	Se vuelve a colocar las piezas en su lugar designado.										
	TOTAL											
LIMPIEZA	1	Se encuentran las áreas de trabajo limpias.										
	2	Las piezas y herramientas se mantienen en buenas condiciones y limpias.										
	3	Es fácil encontrar los elementos de limpieza.										
	4	Se cumple con el plan de limpieza dentro de la línea de producción.										
TOTAL												
ESTANDARIZACIÓN	1	Los operadores conocen los manuales de procedimientos.										
	2	Se cumplen con los procedimientos para la realización de cambio de presentación.										
	3	Se lleva un registro de las hojas de control.										
	4	El operador conoce la nueva meta para la realización de un cambio de presentación.										
TOTAL												
AUTODISCIPLINA	1	Se supervisa la organización, el orden y la limpieza dentro de la línea.										
	2	Se cumplen con las normas de seguridad y limpieza.										
	3	Se respetan las áreas restringidas.										
	4	La basura y desperdicio se desecha según su clasificación.										
TOTAL												

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.8.2. Monitoreo frecuente de los cambios de presentación en la línea de producción.

Con ayuda de la hoja de control de cambio de presentación que se utiliza dentro de la línea de producción, es recomendable que se haga una toma de

tiempo periódicamente, para corroborar que los tiempos en la realización de un cambio de presentación son los mismos, o incluso lograr optimizar más los tiempos, la primera regla es que todo proceso se puede mejorar, y siempre se debe aplicar la mejora continua a nuestros procesos, logrando así la reducción del tiempo de preparación de los equipos, cada vez que se realiza un cambio de presentación dentro de la línea de producción.

2.8.9. Eficiencia

Es la relación entre las horas teóricas vs las horas reales que se necesitaron para realizar una determinada cantidad de cajas. La eficiencia de la línea de producción para el mes de febrero fue de 58,46 % después que se aplicó la metodología 5´S en la realización de un cambio de presentación, estandarizando los procedimientos para la realización de este y logrando reducir el tiempo de preparación de los equipos en la línea de producción PET. La línea de producción B, tiene un aumento en su eficiencia de 4,46 % logrando cerrar arriba de su KPI´S del año 2019 que era de 54 %. Este aumento fue generado por la reducción del tiempo en la realización de un cambio de presentación y la estandarización de todos los procedimientos para la realización del cambio.

2.8.9.1. Resultado de eficiencia

En la siguiente figura se presenta el resultado de eficiencia en la línea B.

Figura 86. **Resultado línea B**

Línea	Acumulada	Objetivo	Diferencia
Línea B	58,36 %	54,00 %	4,46 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.9.2. Eficiencia mensual

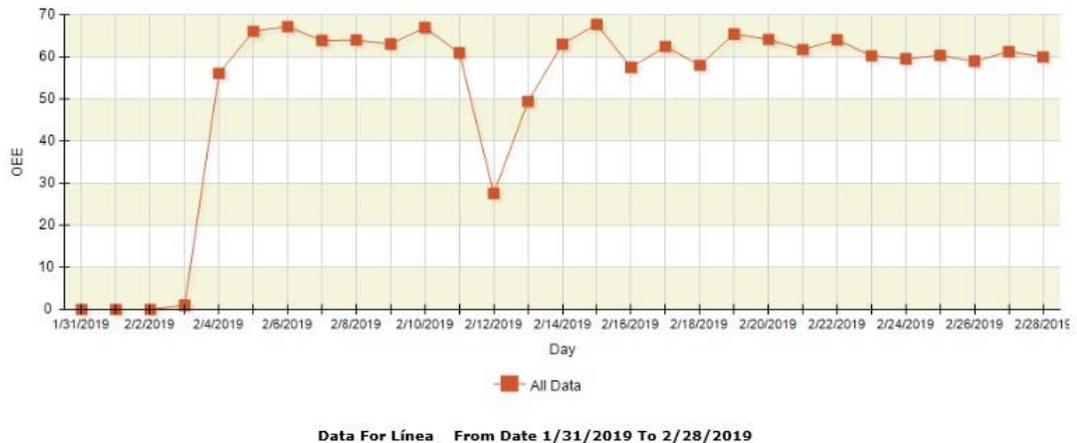
En la tabla CI se presenta el resultado de eficiencia mensual de la línea B.

Tabla CI. Resultado eficiencia mensual

Febrero	
Fecha	Eficiencia
31-ene	
1-feb	
2-feb	
3-feb	58,67 %
4-feb	46,67 %
5-feb	82,79 %
6-feb	60,79 %
7-feb	55,79 %
8-feb	66,54 %
9-feb	59,4 %
10-feb	53,26 %
11-feb	58,67 %
12-feb	64,88 %
13-feb	59,73 %
14-feb	14,76 %
15-feb	44,02 %
16-feb	41,2 %
17-feb	50,98 %
18-feb	28,56 %
19-feb	54,06 %
20-feb	53,09 %
21-feb	57,88 %
22-feb	62,98 %
23-feb	57,59 %
24-feb	62,27 %
25-feb	57,59 %
26-feb	
27-feb	
28-feb	
Total General	58,46 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Figura 87. Gráfico Eficiencia Febrero



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.8.9.3. Cumplimiento cajas de producción

Para lograr el cálculo del cumplimiento de cajas de producción se realiza una comparación de las cajas reales producidas dentro de la línea de producción, y se compara con las cajas planificadas por producir dentro de la línea de producción mensual. Para que el cálculo sea más preciso se logró convertir todas las cajas a 8 onzas para poder trabajar con las mismas dimensiones y obtener un dato más preciso. Utilizando la siguiente fórmula para el cálculo de cumplimiento de cajas de producción.

$$\text{Cumplimiento de producción} = \frac{\text{Cajas reales de 8 onzas}}{\text{Cajas planificadas de 8 onzas}} * 100 \%$$

$$\text{Cumplimiento de producción} = \frac{1\ 189\ 587}{1\ 320\ 789} * 100 \% = 90,07 \%$$

2.9. Programación de producción

La persona encargada de la elaboración del plan de producción en el área de planeación dentro de la Embotelladora S.A. es la encargada de la elaboración del plan mensual de producción, este plan mensual de producción se debe de distribuir de una forma diaria, por lo cual cada línea de producción tiene planificado qué tipo de producto y que cantidad se necesita producir según el plan de producción diaria elaborado por el área de planeación.

2.9.1. Establecer matriz de saneamiento

Para mejorar la programación de producción se estableció una matriz de saneamiento, la cual se detalla dependiendo el tipo de producto que está produciendo y el nuevo producto que se desea producir indica que tipo de saneamiento se debe de aplicar. Existen 3 tipos de saneamiento enjuague (celeste), saneamiento de 5 pasos (amarillo) y saneamiento de 7 pasos (azul). Por ejemplo, si se está produciendo Pepsi y se desea pasar a producir Grapette se debe de realiza un saneamiento de 5 pasos como se muestra en la matriz a continuación:

Figura 88. **Matriz de saneamiento**

MATRIZ DE CAMBIO LÍNEA B								
Presentación	AMP POWER 365	AMP ENERGY	GRAPETTE	PEPSI	MIRINDA NARANJA	NARANCHELO	LIMONETO	SEVEN
AMP POWER 365	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Blue
AMP ENERGY	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Blue
GRAPETTE	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Blue
PEPSI	Yellow	Yellow	Yellow	Black	Yellow	Blue	Blue	Blue
MIRINDA NARANJA	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Blue	Blue
NARANCHELO	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Blue	Yellow
LIMONETO	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black	Yellow
SEVEN	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Black

ENJUAGUE	Blue
SANEAMIENTO 5 PASOS	Yellow
SANEAMIENTO 7 PASOS	Blue

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

2.9.2. Corridas de producción largas

Se estableció una propuesta, que los días que se realice la reunión con planeación pueda asistir el coordinador de línea para que pueda dar sugerencias sobre la programación de producción de la semana. Establecer corridas más largas, estableciendo corridas de producción más largas, las líneas de producción son más eficientes, después de las 8 000 cajas de producción la línea de producción se estabiliza y funciona de una manera más eficiente.

2.10. Evaluación de la propuesta

Este nuevo análisis de Beneficio/Costo se realizará dentro de las líneas de producción A, con el nuevo tiempo estándar por la realización de un cambio de presentación, después de la implementación de la metodología 5´S dentro de las líneas de producción B.

Tabla CII. Costos cambio presentación 500/600 ml

500/600 ml	Horas
Velocidad teórica.	1 542 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 1,08 horas.	32,5 horas mensuales.
Costo de una botella 500/600.	Q. 1,25.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CIII. **Costos cambio de presentación 750 ml**

750 ml	Horas
Velocidad teórica.	1 250 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 1,08 horas.	32,5 horas mensuales.
Costo de una botella 750 ml.	Q. 1,10.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CIV. **Costos cambio de presentación 1,75 L**

1,75 L	Horas
Velocidad teórica.	1 720 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 1,08 horas.	32,5 horas mensuales.
Costo de una botella 1,75 L.	Q. 1,75.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CV. **Costos cambio de presentación 2 L**

2 L	Horas
Velocidad teórica.	1 650 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 1,08 horas	32,5 horas mensuales.
Costo de una botella 2 L.	Q. 2,00.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para efectos de cálculos se tomará el mes comercial de 30 días.

$$\frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} = \frac{720 \text{ horas}}{\text{mes}}$$

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + Tiempo de cambio de presentación + Lavado

$$T = 60 \frac{h \text{ mantenimiento}}{\text{mes}} + 32,5 \frac{h \text{ cambio de presentacion}}{\text{mes}} + 10 \frac{h \text{ limpieza}}{\text{mes}}$$

$$T = 102,5 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

A continuación, se van a distribuir las horas de paro por cada hora de producción:

$$\text{Factor} = 102,5 \frac{h}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{720 \text{ horas de produccion}} = 0,142361$$

A continuación, se aplicará el factor por la velocidad teórica de cada presentación para determinar el número de cajas que se podrían producir en el tiempo de paro:

$$\text{Botellas} = \text{Velocidad Teórica} * \text{Factor}$$

$$\text{Botellas}_{500-600\text{ml}} = 1\,542 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 219,52 \sim 220 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$\text{Botllas}_{750 \text{ ml}} = 1\,250 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 177,95 \sim 178 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{1,75L} = 1\,720 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 244,86 \sim 245 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{2L} = 1\,650 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 234,90 \sim 235 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

A continuación, se muestran las botellas que se dejan de producir mensualmente dentro de Embotelladora S. A., por el paro no programado generado dentro de la línea de producción "A".

$$Botellas_{500-600} = 220 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 7\,150_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{750} = 178 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 5\,785_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{1,75L} = 245 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 7\,963_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{2L} = 235 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 7\,638_{\text{botellas mensuales}}$$

Donde el costo de la línea parada C, para cada una de las presentaciones, es la siguiente:

$$c_{500-600} = \frac{7\,150 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,25}{\text{bot}} = Q. 8\,937,50/\text{mensual}$$

$$c_{750} = \frac{5\,785 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,10}{\text{bot}} = Q. 6\,363,50/\text{mensual}$$

$$c_{1,75 L} = \frac{7\,963 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 1,75}{\text{bot}} = Q. 13\,935,25/\text{mensual}$$

$$c_{2L} = \frac{7\,638 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2}{\text{bot}} = Q. 15\,276/\text{mensuales}$$

Costo total C_T por la línea parada.

$$C_T = C_{500-600} + C_{750} + C_{1,75 L} + C_{2L}$$

$$C_T = Q. 8\,937,50 + Q. 6\,363,50 + Q. 13\,935,25 + Q. 15\,276$$

$$C_T = Q. 44\,512,25/\text{mensual}$$

Ahorro mensual

$$\text{ahorro} = C_{T\text{anterior}} - C_{T\text{actual}}$$

$$\text{ahorro} = Q. 143\,643,45 - Q. 44,512,25$$

$$\text{ahorro} = Q. 99\,131,2/\text{mensuales}$$

Este nuevo análisis de Beneficio/Costo se realizará dentro de las líneas de producción B, con el nuevo tiempo estándar por la realización de un cambio de presentación, después de la implementación de la metodología 5´S dentro de las líneas de producción B.

Tabla CVI. **Costos cambio de presentación 2,5 L**

2,5 L	Horas
Velocidad teórica.	2 250 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 2,36 horas.	71 horas mensuales.
Costo de una botella 2,5 L.	Q. 2,25.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CVII. **Costos cambio de presentación 3 L**

3 L	Horas
Velocidad teórica.	2 000 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 2,36 horas.	71 horas mensuales.
Costo de una botella 2,5 L.	Q. 2,50.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CVIII. **Costos cambio de presentación 3,3 L**

3,3 L	Horas
Velocidad teórica.	1 700 botellas/hora.
Horas de mantenimiento programado.	60 horas mensuales.
Cambio de presentación 2,36 horas.	71 horas mensuales.
Costo de una botella 3,3 L.	Q. 2,75.
Lavado de tuberías.	10 horas mensuales.
Línea trabaja 24 horas.	Todos los días de la semana.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Para efectos de cálculos se tomará el mes comercial de 30 días.

$$\frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = \frac{720 \text{ horas}}{\text{mes}}$$

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + Tiempo de cambio de presentación + Lavado.

El tiempo total de la línea parada se tomará en cuenta con la suma de tiempo de mantenimiento preventivo + Tiempo de cambio de presentación + Lavado.

$$T = 60 \frac{h \text{ mantenimiento}}{\text{mes}} + 32,5 \frac{h \text{ cambio de presentacion}}{\text{mes}} + 10 \frac{h \text{ limpieza}}{\text{mes}}$$

$$T = 102,5 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

A continuación, se va a distribuir las horas de paro por cada hora de producción:

$$\text{Factor} = 102,5 \frac{h}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{720 \text{ horas de produccion}} = 0,142361$$

A continuación, se aplicará el factor, por la velocidad teórica de cada presentación para determinar el número de cajas que se podrían producir en el tiempo de paro:

$$\text{Botellas} = \text{Velocidad Teórica} * \text{Factor}$$

$$\text{Botellas}_{2.5L} = 2\,250 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 320,31 \sim 320 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{3L} = 2\,000 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 284,72 \sim 285 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

$$Botellas_{3.3L} = 1\,700 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 0,142361 = 242,01 \sim 242 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

A continuación, se muestra las botellas que se dejan de producir mensualmente dentro de Embotelladora, S. A. por el paro no programado generado dentro de la línea de producción "B".

$$Botellas_{2.5L} = 320 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 10\,400_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{3L} = 285 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 9\,263_{\text{botellas mensuales}}$$

$$Botellas_{3.3L} = 242 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} * 32,5_{\text{horas cambio pres}} = 7\,865_{\text{botellas mensuales}}$$

Donde el costo de la línea parada, C para cada una de las presentaciones es la siguiente:

$$c_{2.5L} = \frac{10\,400 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,25}{\text{bot}} = Q. 23\,400/\text{mensual}$$

$$c_{3L} = \frac{9\,263 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,50}{\text{bot}} = Q. 23\,157,50/\text{mensual}$$

$$c_{3.3L} = \frac{7\,865 \text{ bot}}{\text{mensual}} * \frac{Q. 2,75}{\text{bot}} = Q. 21\,623,25/\text{mensual}$$

Costo total C_T por la línea parada

$$C_T = C_{2,5L} + C_{3L} + C_{3,3L}$$

$$C_T = Q.23\ 400 + Q.23\ 157,50 + Q.21\ 623,25$$

$$C_T = Q.68\ 180,75/mensual$$

- Ahorro mensual

$$ahorro = C_{T\text{anterior}} - C_{T\text{actual}}$$

$$ahorro = Q.204\ 515,50 - Q.68\ 180,75$$

$$ahorro = Q.136\ 334,75/mensuales$$

2.11. Costo de la propuesta

Para la implementación de la metodología 5S en la línea de producción PET, se presentó una propuesta de los costos de inversión para la implementación de la metodología 5S en la realización de un cambio de presentación a Gerencia, esta propuesta fue analizada por Gerencia, quienes tomaron la decisión de realizar la inversión en la línea de producción para la implementación de la metodología 5S en la línea de producción PET, a continuación se muestra una tabla con los costó de la inversión en la línea de producción:

Tabla CIX. Costo de inversión línea B

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Asesor interno	1	Q 0,00	Q 0,00
	Asesor USAC	1	Q 0,00	Q 0,00
Materiales	Estantes	7	Q 954,32	Q 6 680,24
	Mesa móvil	2	Q 789,76	Q 1 579,52
	Caja de herramientas	4	Q 588,43	Q 2 353,72
	Señalización	10	Q 50,00	Q 500,00
	Cartelera a la vista	1	Q 1 200,00	Q 1 200,00
	Clasificación de basura	9	Q 150,00	Q 1 350,00
	Basureros de almacenamiento	3	Q 300,00	Q 900,00
	Manual de procedimientos	2	Q 50,00	Q 100,00
	Total de inversión			Q 14, 663,48

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

3. PROPUESTA DE PLAN PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE AGUA SUAVE, DENTRO DEL PASTEURIZADOR

Lo que se pretende al desarrollar en esta nueva fase, como su nombre lo indica, es investigar y desarrollar un plan de mejoras respecto del consumo de agua suave dentro del proceso de pasteurizado en Embotelladora, S.A.

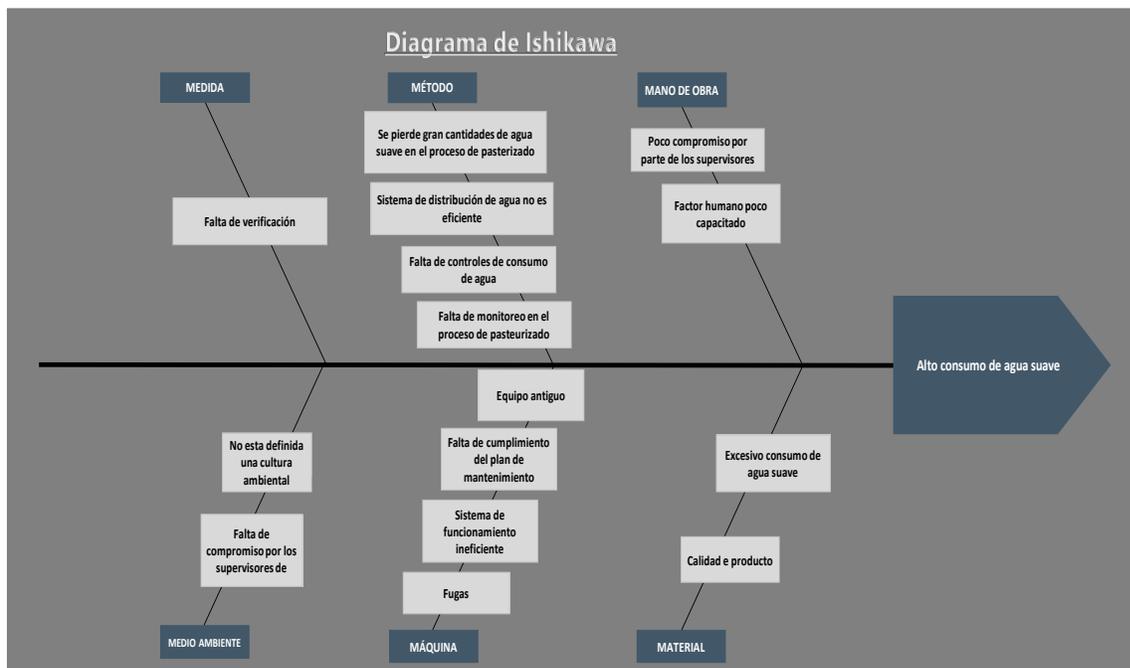
3.1. Diagnóstico de situación actual

Dentro del área de producción se utiliza un pasteurizador de túnel, para el proceso de pasteurizado en los productos de cerveza y energizante. Para realizar este proceso los productos después de salir de la llenadora pasan por el pasteurizador, el cual tiene 4 fases de calentamiento y 5 fases de enfriamiento para garantizar la inocuidad de los productos. Dentro del pasteurizado existe una gran cantidad de consumo de agua para realizar el proceso productivo, el cual es causado por diversos problemas dentro de proceso de pasteurizado, a lo largo del túnel del pasteurizador existen demasiadas fugas, lo que provoca la pérdida de agua dentro del proceso, las válvulas funcionan de una forma ineficiente que provoca fugas y pérdidas de presión, el sistema de condensado de vapor no funciona correctamente, lo que provoca que no exista un proceso para recuperar el agua evaporada en el proceso de calentamiento. El diseño de la tubería no permite la recirculación dentro del proceso de producción, lo que genera un proceso de pasteurizado ineficiente y un consumo excesivo de agua para el proceso de pasteurizado dentro de la línea de producción.

3.1.1. Diagrama Ishikawa

Dentro del proceso de pasteurizado de lata de la línea de producción se tiene el problema de un consumo excesivo de agua suave, lo que está generando un alto desperdicio de agua al momento de realizar el proceso de pasteurizado, dentro de la línea de producción, por lo cual se utilizará la herramienta de Ishikawa para lograr determinar la causa raíz, que está generando este problema. Se realizó el diagrama de Ishikawa utilizando las 6´M las cuales son (medida, método, mano de obra, medio ambiente, máquina y material). Después de terminar de realizar el diagrama se logró determinar que la causa raíz que está generando este problema, es que no existe un sistema para la redistribución del agua suave dentro del proceso de pasteurizado, a continuación, se muestra el diagrama realizado:

Figura 89. Diagrama causa-efecto consumo de agua suave



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

3.1.2. Análisis actual de consumo de agua suave

Para realizar el análisis de consumo de agua suave dentro del pasteurizador se utilizaron los medidores de los diferentes pozos de agua, que se utilizan para el proceso productivo, con apoyo en los medidores se tomaron lecturas de consumo de agua para así determinar el consumo diario de agua suave, cada vez que se utiliza un pasteurizador dentro de la línea de producción. Los datos encontrados de las mediciones se muestran a continuación, los cuales representan los últimos 5 años de consumo de agua suave dentro de la línea de producción.

Tabla CX. Consumo de agua suave del año 2014

2014		
Mes	Agua suave (L)	Agua suave
Enero	2380082,383	628 820 gal
Febrero	1457868,076	385 170 gal
Marzo	2215964,926	585 460 gal
Abril	1538588,197	406 496 gal
Mayo	1678985,23	443 589 gal
Junio	4522334,092	1 194 804 gal
Julio	1939494,227	512 416 gal
Agosto	2478327,681	654 776 gal
Septiembre	1548739,509	409 178 gal
Octubre	966690,1658	255 400 gal
Noviembre	1103786,952	291 621 gal
Diciembre	1070859,728	282 922 gal
Total	22901721,17	6 050 653 gal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXI. Consumo de agua suave del año 2015

2015		
Mes	Agua suave (L)	Agua suave
Enero	1214677,633	320 919 gal
Febrero	1214890,063	320 975 gal
Marzo	1846637,438	487 883 gal
Abril	1983401,986	524 016 gal
Mayo	1214677,633	320 919 gal
Junio	1846637,438	487 883 gal
Julio	1616245,189	427 013 gal
Agosto	2065273,067	545 647 gal
Septiembre	1290616,258	340 982 gal
Octubre	1983401,986	524 016 gal
Noviembre	3067278,06	810 377 gal
Diciembre	1846637,438	487 883 gal
Total	21190374,19	5 598 514 gal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXII. Consumo de agua suave del año 2016

2016		
Mes	Agua suave (L)	Agua suave
Enero	2101118,746	555 117 gal
Febrero	2400628,67	634 248 gal
Marzo	2400628,67	634 248 gal
Abril	1666803,88	440 371 gal
Mayo	2578422,582	681 221 gal
Junio	1579080,923	417 194 gal
Julio	1677801,135	443 276 gal
Agosto	2684854,987	709 341 gal
Septiembre	1677801,135	443 276 gal
Octubre	1047247,68	276 684 gal
Noviembre	2684854,987	709 341 gal
Diciembre	1195769,198	315 923 gal
Total	23695012,59	6 260 241 gal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXIII. Consumo de agua suave del año 2017

2017		
Mes	Agua suave (L)	Agua suave
Enero	1457868,076	385 170 gal
Febrero	1103786,952	291 621 gal
Marzo	2215964,926	585 460 gal
Abril	1538588,197	406 496 gal
Mayo	2215964,926	585 460 gal
Junio	966690,1658	255 400 gal
Julio	1939494,227	512 416 gal
Agosto	2215964,926	585 460 gal
Septiembre	1548739,509	409 178 gal
Octubre	2380082,383	628 820 gal
Noviembre	2215964,926	585 460 gal
Diciembre	2694814,492	711 972 gal
Total	22493923,71	5 942 912 gal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXIV. Consumo de agua del año 2018

2018		
Mes	Agua suave (L)	Agua suave
Enero	1983401,986	524 016,38 gal
Febrero	1214890,063	320 974,92 gal
Marzo	1846637,438	487 883,07 gal
Abril	1282156,831	338 746,85 gal
Mayo	1214677,633	320 918,79 gal
Junio	3768611,743	995 670,21 gal
Julio	1616245,189	427 013,26 gal
Agosto	2065273,067	545 646,78 gal
Septiembre	1290616,258	340 981,84 gal
Octubre	805575,1382	212 833,59 gal
Noviembre	919822,4601	243 017,82 gal
Diciembre	892383,1063	235 768,32 gal
Total	18900290,91	4 993 471,84 gal

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

3.1.3. Consumo de agua suave por caja producida

El consumo histórico de agua suave por caja producida dentro de la línea producción de los últimos 5 años se muestra a continuación:

Tabla CXV. Consumo de agua por caja producida 2014

2014					
Mes	Cajas Producidas	Consumo de agua suave	Litros de agua suave por caja producidas	Factor teórico litros de agua suave por caja producidas	Diferencia
Enero	112 456	2 380 082	21,16	11,90	92,56
Febrero	89 537	1 457 868	16,28	11,90	4,37
Marzo	136 932	2 215 965	16,18	11,90	4,27
Abril	98 368	1 538 588	15,64	11,90	3,73
Mayo	89 468	1 678 985	18,76	11,90	6,85
Junio	257 156	1 579 081	6,14	11,90	-5,76
Julio	86 379	1 677 801	19,42	11,90	7,51
Agosto	146 832	4 522 334	30,79	11,90	18,89
Septiembre	98 368	1 939 494	19,71	11,90	7,80
Octubre	47 621	966 690	20,29	11,90	8,39
Noviembre	65 381	1 103 787	16,88	11,90	4,97
Diciembre	67 218	1 070 860	15,93	11,90	4,02
Total	1 295 716	2 2901 721	17,67	11,90	5,76

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXVI. Consumo de agua por caja producida 2015

2015					
Mes	Cajas Producidas	Consumo de agua suave	Litros de agua suave por caja producidas	Factor teórico litros de agua suave por caja producidas	Diferencia
Enero	67 431	1 214 678	18,01	11,90	6,10
Febrero	78 356	1 214 890	15,50	11,90	3,59
Marzo	108 243	1 846 637	17,06	11,90	5,15
Abril	118 642	1 983 402	16,71	11,90	4,80
Mayo	98 358	1 214 678	12,34	11,90	0,44
Junio	123 578	1 846 637	14,94	11,90	3,03
Julio	89 732	1 616 245	18,01	11,90	6,10
Agosto	112 456	2 065 273	18,36	11,90	6,45
Septiembre	78 345	1 290 616	16,47	11,90	4,56
Octubre	112 363	1 983 402	17,65	11,90	5,74
Noviembre	187 347	3 067 278	16,32	11,90	4,46
Diciembre	145 673	1 846 637	12,67	11,90	0,76
Total	1 320 524	21 190 374	16,04	11,90	4,13

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXVII. Consumo de agua por caja producida 2016

2016					
Mes	Cajas Producidas	Consumo de agua suave	Litros de agua suave por caja producidas	Factor teórico litros de agua suave por caja producidas	Diferencia
Enero	123 678	2 101 110	16,98	11,90	5,03
Febrero	145 312	2 400 629	16,52	11,90	4,61
Marzo	155 822	2 400 629	15,40	11,90	3,49
Abril	98 345	1 666 804	16,94	11,90	5,04
Mayo	167 382	2 578 423	15,40	11,90	3,49
Junio	98 256	1 579 081	16,07	11,90	4,16
Julio	98 563	1 677 801	17,02	11,90	5,11
Agosto	167 983	2 648 855	15,98	11,90	4,07
Septiembre	90 653	1 677 801	18,50	11,90	6,59
Octubre	78 462	1 047 248	13,34	11,90	1,43
Noviembre	189 365	2 648 855	14,17	11,90	2,26
Diciembre	89 352	1 195 769	13,38	11,90	1,47
Total	1 503 173	23 695 013	15,76	11,90	3,85

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXVIII. Consumo de agua por caja producida 2017

2017					
Mes	Cajas Producidas	Consumo de agua suave	Litros de agua suave por caja producidas	Factor teórico litros de agua suave por caja producidas	Diferencia
Enero	112 346	1 214 678	12,97	11,90	1,07
Febrero	78 543	1 214 890	14,05	11,90	4,14
Marzo	134 694	1 846 637	16,45	11,90	4,54
Abril	98 345	1 983 402	14,94	11,90	2,54
Mayo	134 654	1 214 678	16,40	11,90	4,52
Junio	123 767	1 846 637	15,07	11,90	2,42
Julio	118 654	1 616 245	16,02	11,90	3,51
Agosto	198 543	2 065 273	14,98	11,90	3,17
Septiembre	99 389	1 290 616	17,50	11,90	5,59
Octubre	78 543	1 983 402	16,34	11,90	3,21
Noviembre	189 365	3 067 278	17,17	11,90	3,28
Diciembre	89 352	1 846 637	15,38	11,90	2,32
Total	1 488 198	22 493 924	15,76	11,90	3,20

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Tabla CXIX. Consumo de agua por caja producida 2018

2018					
Mes	Cajas Producidas	Consumo de agua suave	Litros de agua suave por caja producidas	Factor teórico litros de agua suave por caja producidas	Diferencia
Enero	67 431	2 101 110	16,98	11,90	1,70
Febrero	78 356	2 400 629	16,52	11,90	0,79
Marzo	108 243	2 400 629	15,40	11,90	1,78
Abril	118 642	1 666 804	16,94	11,90	1,34
Mayo	98 358	2 578 423	15,40	11,90	0,79
Junio	123 578	1 579 081	16,07	11,90	0,92
Julio	89 732	1 677 801	17,02	11,90	1,93
Agosto	112 456	2 648 855	15,98	11,90	4,
Septiembre	78 345	1 677 801	18,50	11,90	6,59
Octubre	112 363	1 047 248	13,34	11,90	1,43
Noviembre	187 347	2 648 855	14,17	11,90	2,26
Diciembre	145 673	1 195 769	13,38	11,90	1,47
Total	1 464 263	18 900 291	15,76	11,90	3,85

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

3.1.4. Sistema de distribución de agua

El pasteurizador utiliza bombas centrífugas, cabezales rociadores a lo largo del túnel del pasteurizador, en su interior cuenta con tuberías que son encargadas de distribuir el agua en las diferentes zonas del proceso de pasteurizado con la ayuda de termo coplas, que son las encargadas de abrir o cerrar el flujo de agua en las diferentes etapas en el proceso de pasteurizado.

- **Bombas centrífugas**

El pasteurizador tiene diez bombas centrífugas y una bomba auxiliar o de emergencia, que suministran el agua a los rociadores de la zona 1 hasta la zona 9, el proceso de pasteurización requiere nueve bombas que suministran a los cabezales rociadores que se encuentra dentro del pasteurizador y una bomba para el intercambiador de calor.

Todas las bombas tienen accesorios de bronce, acople cerrado, con sellos mecánicos. Las bombas de los rociadores de las zonas de precalentamiento y primer enfriamiento poseen una medida de seguridad, se apagarán si la bomba de intercambio de calor se apaga para prevenir una condición de rebalse dentro de las bañeras del pasteurizador.

- **Inyección de agua de servicio**

El agua de servicio es inyectada en las zonas de pre-calentamiento para mantener la temperatura de los rociadores y en las zonas de primer enfriamiento. Si la temperatura está por encima del valor ajustado, la válvula de control de temperatura se activa inyectando agua directamente a la zona de precalentamiento. Cuando la temperatura de los rociadores de la zona de primer

enfriamiento alcanza la temperatura adecuada, la válvula de control de temperatura se cierra.

- Proceso de inyección de agua caliente

Un intercambiador de calor es utilizado para calentar y mantener la temperatura de los rociadores inyectando agua caliente a las zonas de calentamiento en el pasteurizador. El control de la temperatura en las zonas es controlado regulando la cantidad de agua caliente que fluye a cada zona. La válvula de control de temperatura controla el flujo de agua caliente en cada zona.

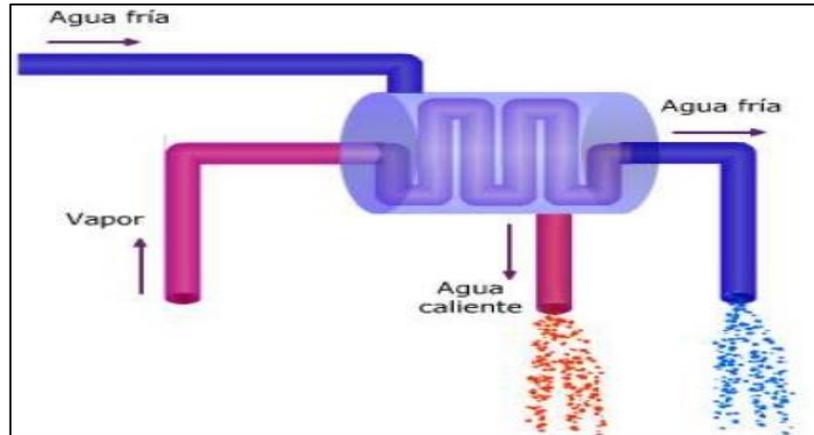
3.1.5. Sistema de condensado de vapor

El vapor es generado en una caldera a partir de la utilización de un combustible, generalmente un derivado del petróleo o biomasa, como medio aportante de energía, para transformar el agua en vapor a determinada presión y temperatura. Luego de ser generado, y debido a su presión, puede ser transportado al pasteurizador por tuberías sin necesidad de utilizar ningún medio mecánico, como una bomba.

En el punto de consumo puede ser utilizado para transferir energía en forma de calor en algún proceso de calentamiento. Esta transferencia de calor (calor latente) se basa en la liberación de energía debido al cambio de fase del vapor de agua a agua líquida (condensado).

El vapor también puede ser utilizado para generar trabajo, aprovechando la presión del vapor generado en la caldera para producir movimiento. La aplicación más común es un intercambiador de calor.

Figura 90. **Modelo de intercambiador de calor**

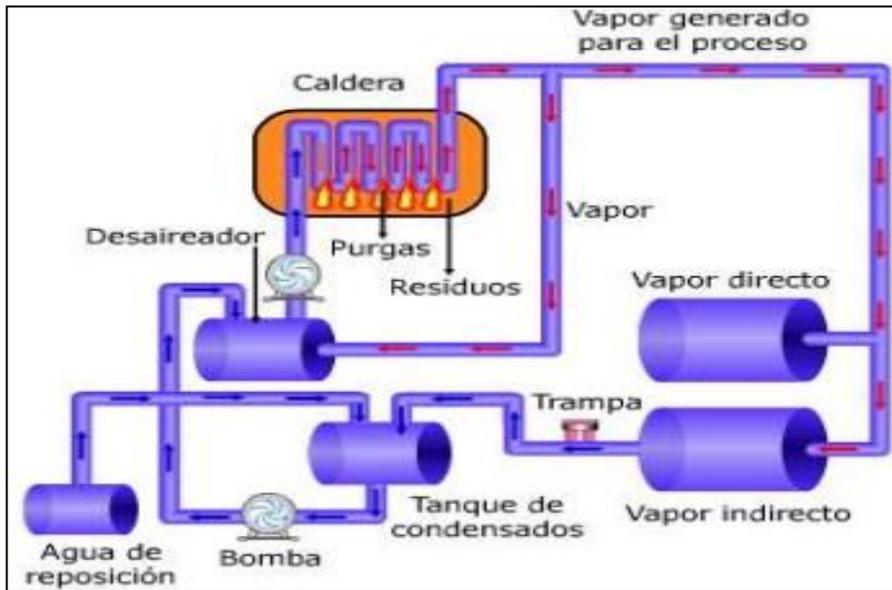


Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

Los sistemas de vapor están compuestos básicamente por tres subsistemas: la generación de vapor compuesto por la caldera; la distribución, compuesta por tuberías para transportar el vapor del lugar de producción hacia los usuarios y el condensado desde los procesos hacia la caldera; y finalmente los consumidores finales, generalmente equipos o procesos donde se requiere la energía transportada por el vapor.

Figura 91. Sistema completo de vapor



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

3.2. Propuesta de mejora

Establecer tuberías de recirculación de agua de una fase de calentamiento para la fase de enfriamiento, de enfriamiento a calentamiento para optimizar el proceso de pasteurizado, garantizando la reducción de consumo de agua suave. Reparar el sistema de condensado de vapor para recuperar el agua en estado gaseoso y convertirla en agua en estado líquido para introducirla nuevamente dentro del proceso para lograr la reducción del consumo de agua, estableciendo un proceso más eficiente. El cambio de las válvulas que funcionan de una forma ineficiente como el mapeo y arreglo de todas las fugas a lo largo de todo el pasteurizador para garantizar la eficiencia del proceso logrando una reducción del consumo de agua.

3.2.1. Establecer tuberías de recirculación de agua en proceso de pasteurizado

El funcionamiento del sistema de recirculación de agua enviará agua de una fase a otra para optimizar el proceso. El agua utilizada en el primer calentamiento en forma de lluvia con los rociadores es enviada al tercer enfriamiento cuando llega a las tinas de almacenamiento, y el agua utilizada en el tercer enfriamiento es recirculada al primer calentamiento, de la misma forma funciona el segundo calentamiento con el segundo enfriamiento, el proceso de prepasteurizado y pasteurizado es donde las latas llegan a su temperatura más elevada, que son 70 °C, el cuarto y quinto enfriamiento tienen su propia bomba y no se retroalimentan con ninguna zona dentro del pasteurizador.

A continuación, se muestra una tabla con las especificaciones técnicas necesarias para la realización del sistema de distribución de agua dentro del pasteurizado para realizar el trabajo de pasteurizado de una forma más eficiente, generando un ahorro en el consumo de agua suave.

Tabla CXX. **Parámetros de diseño de sistema recirculación**

Dimensión	Valor	Unidades
Diámetro Interior.	3,00	In
Diámetro Exterior.	3,33	In
Longitud total.	30,00	M
Potencia bomba (80 % eficiencia).	144,50	W
Motorreductores (80 & eficiencia).	1837,50	W
Tubo de acero inoxidable.	30,00	M
Densidad del agua.	980,60	Kg/m ³
Viscosidad del agua.	0,0004321	Kg/m*s
Electroválvulas.	4,00	Un

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

3.2.2. Accesorios y equipos auxiliares para utilizar

- Control de PLC
- Transporte
- Instalación hídrica

3.2.3. Controlador PLC

El Pasteurizador o Warmer posee electroválvulas en cada tanque que tenga serpentines de vapor reguladas a 75 libras de presión, debido a que cuenta con un programa para la configuración de las temperaturas, una vez la temperatura del tanque esté igual o por encima de la configuración, el programa mandará una orden a cerrar las electroválvulas. Por el contrario, cuando la temperatura de los tanques comience a disminuir de la configuración, este enviará una nueva orden para que las electroválvulas se abran y den paso al vapor saturado.

3.2.4. Transporte

El transporte de las latas en la parte interior del pasteurizador se realiza por medio de dos transportadores de malla situados uno a lado del otro, traccionados por medio de dos motorreductores en cada nivel del pasteurizador.

En caso de que el pasteurizador esté demasiado lleno, este tiene un sistema que se detiene mediante una señal que es enviada por una barrera de seguridad. El transporte vuelve a reanudar su recorrido automáticamente cuando se libera la línea, cuando la barrera de seguridad envía la señal correspondiente.

Se puede mencionar que el transporte de las latas dentro de pasteurizador no es de acero inoxidable es de polipropileno, se utiliza acero inoxidable (inox) solo para los envases de vidrio.

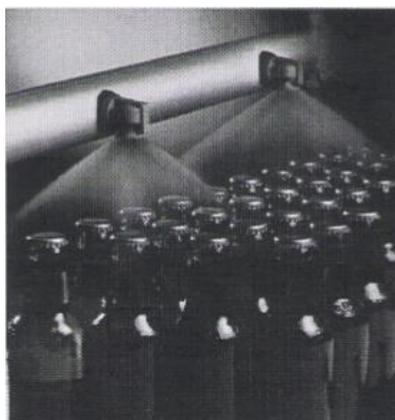
3.2.5. Instalación hídrica

El llenado y mantenimiento de los niveles de las bañeras de agua se controlan automáticamente con válvulas *on-off* (encendido-apagado) accionadas por sondas de nivel que funcionan eléctricamente. Son utilizadas para alimentar agua fría en las zonas de enfriamiento, para mantener la temperatura ideal cuando se crea un paro en la producción.

El funcionamiento dentro del pasteurizador se asegura por medio de bombas que sacan el agua de las bañeras y la envían a los aspersores en la parte superior. Antes de la succión de las bombas se tienen 2 filtros que tienen que ser inspeccionados por el operador para validar que estén funcionando correctamente.

El calentamiento y enfriamiento de los productos se realiza por medio de una lluvia controlada de agua suave. Este sistema permite obtener una distribución uniforme de la lluvia de agua, logrando un elevado intercambio térmico entre la lluvia de agua y el producto.

Figura 92. **Proceso de lluvia hacia el producto**

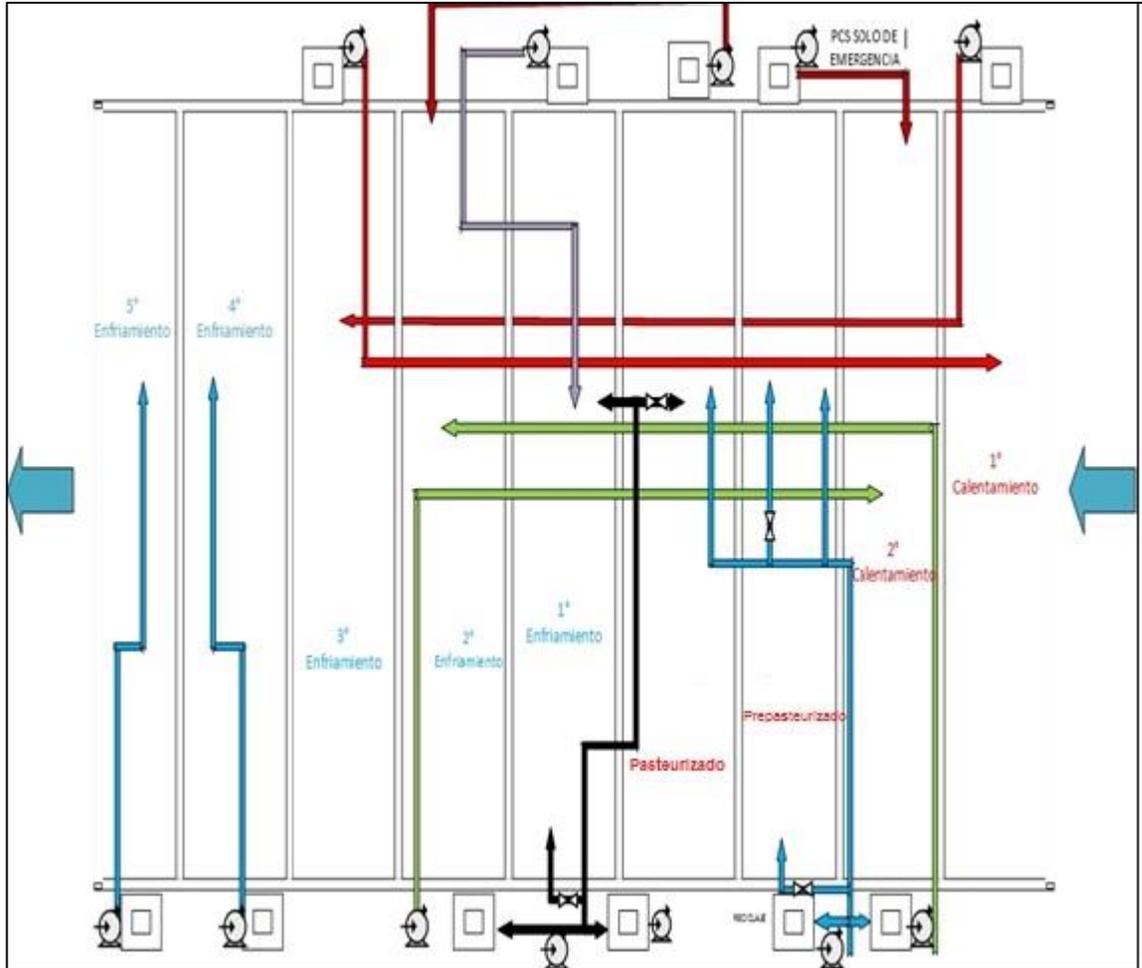


Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

3.2.6. Croquis

A continuación, se muestra el sistema de distribución de recirculación de agua suave dentro del pasteurizador de túnel para reducir el consumo de agua y realizar una producción más limpia.

Figura 93. Sistema de tuberías de recirculación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2022.

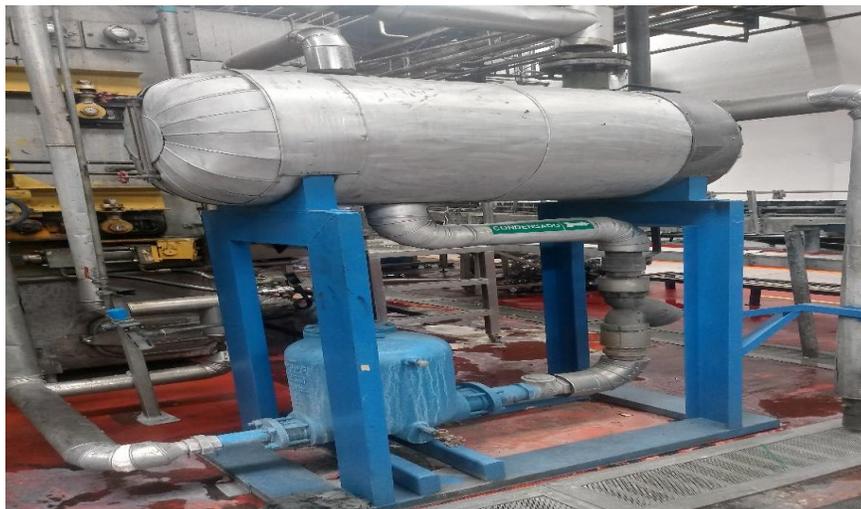
3.2.7. Reparar el sistema de condensado de vapor, para el proceso de recirculación de agua suave dentro del pasteurizador

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de condensado de vapor, en el proceso de pasteurización, se deben de cambiar las tuberías, aislante de las mismas para evitar fugas de vapor a lo largo de la tubería, y recuperar el agua condensada para luego introducirla de nuevo al ciclo de pasteurización.

Las tuberías utilizadas en el sistema de condensado ya no se encuentran en buen estado y tienen fugas, lo que provoca que se pierda toda el agua recuperada en el proceso de condensado de vapor.

Con el agua recuperada en el proceso de condensado de vapor será enviada a la bañera donde se encuentra el primer calentamiento dentro del pasteurizador, reduciendo el consumo de agua en las corridas de producción.

Figura 94. **Sistema de condensado de vapor del pasteurizado**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

3.2.8. Cambio de válvulas y empaques a lo largo del túnel del pasteurizador

Después de realizar un mapeo a lo largo de los 4 metros de largo del pasteurizador, se determinó que se deben de cambiar 20 empaques y 12 válvulas que no funcionan correctamente, lo que provocan fugas de agua, y pérdidas de presión, el cambio de estos empaques ayudará a reducir la cantidad de agua suave consumida en la lluvia en el proceso de pasteurización en la realización de las bebidas en la línea de producción, reduciendo el consumo de agua en proceso de pasteurización se lograría una producción más limpia, la empresa tiene como prioridad dentro de su proceso productivo la realización de una producción más limpia, logrando reducir su huella de carbono.

Figura 95. Túnel de pasteurizador



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

3.2.9. Implementación de secadores en la salida del pasteurizador

Para evitar la pérdida de agua suave, que se desperdiciaba en el fondo de las latas, a lo largo de todo el transporte de mesa, el agua suave en fondo de las latas era ocasionada por la lluvia dentro del pasteurizador, para reducir el consumo de agua y reutilizar el agua suave, se utilizará un soplador eléctrico de 1,5 HP, con dos mangueras: una en la parte superior del pasteurizador y la otra en la parte inferior del pasteurizador, en las 2 salidas las mangueras estarán esparciendo aire, para que el agua quede dentro del pasteurizador y se logre reutilizar en el proceso de pasteurización.

Figura 96. **Modelo de soplador eléctrico**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.

Consulta: 25 de febrero de 2021.

3.2.10. Plan propuesto

A continuación, se muestra un plan con las mejoras al sistema al proceso de pasteurizado para lograr la reducción del consumo de agua suave dentro del pasteurizado, detallando los materiales necesarios para la realización de dicho cambio.

Tabla CXXI. Plan de mejoras para la reducción de consumo de agua

Área de Mejoramiento	Objetivo	Medidas para reducción de consumo de agua	Materiales necesarios	Responsable
Producción	Reducción de consumo de agua suave.	Sistema de recirculación de agua dentro del proceso pausterizado, para la reducción del consumo de agua suave.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tubería de 3 Pulgadas 2. Tubería de 3.33 Pulgadas 3. 30 M de tubería de acero inoxidable 4. Bombas de potencia de 1442.5 W (80% eficiencia) 5. Motorreductores 1837.5 W (80% eficiencia). 6. Electroválvulas. 	Coordinar de línea/ Encardo de bodega/Técnicos Especialista de producción.
Producción	Aumentar la eficiencia del proceso de pausterizado.	Reparar el sistema de condensado de Vapor.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Válvulas. 2. Empaques. 3. Nuevos sistemas de arrastre de vapor. 4. Sistema aislante de vapor. 5. Cambio de tubería del sistema 	Coordinar de línea/Técnico especialista de producción.
Producción	Reducir el consumo de agua suave.	Instalar un soplador en la salida del pasteurizador para evitar pérdidas de agua suave al momento de salir del proceso de pasteurizado.	Instalar 2 sopladores de 1.5 HP.	Coordinar de línea/Técnico especialista de producción.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

3.3. Evaluación de la propuesta

Para determinar la cantidad de agua que se puede recuperar anualmente con la implementación de secadores en la salida del pasteurizador se realizó un muestreo y se determinó que en el fondo de las latas se pierden 5 mm de agua suave en cada lata al salir del pasteurizador.

Tabla CXXII. Cajas producidas mensualmente

Mes	Cajas producidas
Junio	165 431,00
Julio	135 789,00
Agosto	128 677,00
Septiembre	166 198,00
Octubre	146 025,00
Noviembre	194 868,00
Diciembre	202 029,00
Promedio	162 716,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

En la línea de producción de lata producen en promedio 162 717 cajas mensuales, una caja es igual a 24 latas de bebidas carbonatadas o cerveza.

$$162\,717 \text{ cajas mensuales} * \frac{24 \text{ latas}}{1 \text{ caja}} = 3\,905\,208 \text{ latas mensuales}$$

Perdida de agua mensual

$$3\,905\,208 \text{ latas mensuales} * 7 \text{ mm} = 27\,336\,456 \text{ mm}$$

$$27\,336\,456\text{ mm} * \frac{1\text{ Litro}}{1\,000\text{ mm}} * \frac{1\text{ galon}}{3,785\text{ Litros}} = 7\,222,31\text{ galones}$$

Proyección anual

$$3\,905\,208\text{ latas mensuales} * 12\text{ meses} = 46\,862\,496\text{ latas anuales}$$

Recuperación de agua anual en la línea de producción.

$$7\,222,31\text{ galones} * 12\text{ meses} = 86\,667,76\text{ galones anuales}$$

Porcentaje de recuperación anual de agua suave

$$\%ahorro = \frac{86\,667,76\text{ galones}}{4\,993\,471,84\text{ galones}} = 1,74\%$$

$$\%ahorro = 1,74\%$$

Con la implementación de un secador en la salida del pasteurizador se puede reducir el consumo de agua anual dentro del pasteurizador en 1,74 % anual lo que es equivalente a 86 667,76 galones de agua suave anualmente, la implementación de este secador ayudará a que la línea de producción de lata pueda realizar su proceso de pasteurización con una producción más limpia y amigable con el medio ambiente reduciendo la cantidad de galones utilizados para producir las bebidas dentro de la planta de producción.

3.4. Costo de la propuesta

Para la implementación de la propuesta de cambiar las válvulas de cierres y llaves de paso dentro del pasteurizador, la reparación del sistema de condensado de vapor para reutilizar el agua en el proceso de pasteurización en la línea de producción, la colocación de un secador en la salida del pasteurizador en los 2 niveles del pasteurizador reducirá el consumo de agua en 1,74 % anual, realizando una producción más limpia dentro de la línea de producción.

A continuación, se muestra una tabla de los costos de la propuesta para la reducción de agua en el proceso de pasteurización en una línea de producción de lata.

Tabla CXXIII. Costo de inversión

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Asesor interno	1	Q 0,00	Q 0,00
	Asesor Usac	1	Q 0,00	Q 0,00
	Mano de obra	4	Q 1 000,00	Q 4 000,00
Materiales	Válvulas	8	Q 500,00	Q 500,00
	Tubo de acero inoxidable	8	Q 40,00	Q 320,00
	Bombas	3	Q 900,00	Q 2 700,00
	Motorreductores	2	Q 850,00	Q 500,00
	Sistema de condensado	1	Q 1 200,00	Q 1 700,00
	Soplador 1,5 HP	1	Q 1 500,00	Q 1 500,00
	Accesorios	2	Q 250,00	Q 500,00
	Termocoplas	2	Q 400,00	Q 800,00
	Electroválvulas	4	Q 350,00	Q 1 400,00
Total de inversión				Q 19 420,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

4. PLAN DE CAPACITACIONES

En esta fase se contemplan avances de enseñanza y aprendizaje dentro de Embotelladora S. A., la capacitación constante es de gran importancia para mejorar las capacidades de todos los colaboradores dentro de Embotelladora S. A.

4.1. Diagnóstico de la situación actual

Para realizar el diagnóstico dentro de Embotelladora S. A. se utilizó la herramienta de entrevista semiestructurada, realizando preguntas planteadas sobre las capacitaciones, tomando en consideración otras fuera de lo planificado, para tener un mayor panorama del tema. A continuación, se presenta el formato de preguntas realizadas y adicionales:

Tabla CXXIV. **Entrevista sobre las capacitaciones**

Embotelladora S.A.	Entrevista	Edición: 1
Tema:	Capacitaciones	Página: 1 de 1
<p>1. ¿Dentro de embotelladora S.A. se realizan capacitaciones?</p> <p>Si, se realizan capacitaciones dentro de embotelladora S.A.</p>		
<p>2. ¿Qué nombre se les da dentro de embotelladora S.A. a la capacitación?</p> <p>Se les conoce como inducciones; cuando una persona es de primer ingreso y tiene conocer la embotelladora S.A. y su área de trabajo.</p>		
<p>3. ¿Sobre que tema se realizan las capacitaciones dentro de embotelladora S.A.</p> <p>Sobre buenas practicas de manufactura, seguridad industrial, manejo de montacargas y trabajo en espacio confinados.</p>		
<p>4. ¿Cómo se dan las capacitaciones?</p> <p>Se realiza una reunión de 15 minutos en la cual se pasa una presentación por grupos del tema a tratar.</p>		
<p>5. ¿Se realiza algún tipo de evaluación acerca de la capacitación que se da?</p> <p>Si, se pasa una prueba al final de la capacitación con preguntas de selección múltiples o falso y verdadero ya que no se tiene mucho tiempo para realizar las mismas pruebas.</p>		
<p>6. ¿Las evauaciones tiene que ser aprobadas?</p> <p>Si, las personas tienen que aprobar la prueba con una notal mayor a 80 puntos, si su nota es menor a 80 puntos tiene que volver a recibir la capacitación y ser evaluada nuevamente.</p>		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

Al realizar el diagnóstico por medio de entrevistas no estructuradas al personal del área de producción dentro de las líneas de producción, se determinó que se interesaban por el tema de seguridad industrial y la documentación de los procedimientos en la realización de un cambio de presentación, que es uno de los problemas principales dentro de las líneas de producción PET.

Por medio de una lluvia de ideas se podrá dar a conocer por qué es necesario impartir las capacitaciones para el personal que labora en Embotelladora S. A.

Tabla CXXV. **Lluvia de ideas de porqué realizar capacitaciones**

Porque se deben dar las capacitaciones
Mejora continua
Mejora de procesos
Aumento de habilidades
Experiencias transmitidas
Industria mas rentable
Beneficio a colaboradores
Estandarización de procesos

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

4.1.1. Análisis de 5 porqués de las necesidades de capacitación

- ¿Por qué es necesario realizar un plan de capacitación enfocado en la metodología 5´S?

Para que los colaboradores dentro del área de producción puedan identificar puntos de mejora dentro de su área de trabajo, para garantizar una mejora continua en todas las estaciones de trabajo en las líneas de producción PET.

- ¿Por qué se aplicó la metodología 5´S para la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET?

Para garantizar la estandarización de los procesos en la realización de un cambio de presentación, generando una cultura de orden y limpieza dentro de las líneas de producción para garantizar la inocuidad de todos los productos.

- ¿Por qué capacitar al personal del área de producción con los manuales de procedimientos en la realización del cambio de presentación?

Para que todos los colaboradores dentro de la línea de producción puedan conocer los cambios realizados dentro de la línea de producción, logrando la estandarización del cambio de presentación en las líneas de producción PET buscando siempre la mejora continua dentro de los procesos de las líneas de producción.

- ¿Por qué estandarizar la realización de un cambio de presentación en líneas de producción?

Para garantizar la correcta parametrización de los equipos, garantizando el cumplimiento de todos los procedimientos para la realización del proceso, reduciendo el tiempo de preparación de los equipos, lo que genera un aumento en la producción diaria.

- ¿Por qué es importante la mejora continua dentro de área de producción?

La mejora continua tiene que ser uno de los primeros pilares que se debe de manejar dentro de la embotelladora, la búsqueda por seguir mejorando es el camino para lograr alcanzar la máxima calidad y la excelencia dentro de todos los procesos de producción, garantizando la inocuidad de todos los productos dentro de las líneas de producción PET.

4.2. Plan de capacitación

El Plan de capacitación es una acción planificada, cuyo propósito general es preparar e integrar al recurso humano que labora dentro de la planta de

producción, mediante el desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño en el puesto de trabajo.

- **Objetivos**
 - Capacitar al personal de la empresa.
 - Motivar a los empleados a ser más comprometidos con su trabajo.
 - Reforzar los temas de seguridad industrial en el personal de la empresa.

- **Responsabilidades**
 - Es responsabilidad del área de producción dentro de Embotelladora S.A., a través del encargado de áreas de producción, es de velar el desarrollo personal de todos los colaboradores dentro del área de producción.

- **Instrucciones**

Para realizar una capacitación es necesario:

- Identificar los temas que el personal debe de conocer.
 - Mejorar sus habilidades y destrezas dentro del trabajo.
 - Crear una cultura organizacional.
 - Programar fechas trimestrales para capacitaciones.
 - Capacitar al personal por medio de presentaciones o documentos.
 - Evaluar el aprendizaje del personal.
-
- **Programación**

Las capacitaciones se deben de programar por medio del siguiente formato y de una manera trimestral:

- No. de capacitación.
- Tema: descripción de la capacitación.
- Metodología: método utilizado para dar la capacitación.
- Participantes: personal que será capacitado.
- Supervisor: persona encargada de la capacitación.
- Fecha: fecha planificada para realizar la capacitación.

Figura 97. **Modelo de programación de capacitaciones**

No.	Tema	Metodología	Participantes	Supervisor	Fecha
1					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2021.

- Evaluación

Para realizar una evaluación que logre identificar si se obtuvo el conocimiento requerido por medio de un puntaje de 80, se debe de realizar una evaluación tomando en consideración los siguientes lineamientos.

- Tema de capacitación: nombre del tema a evaluar.
- Nombre: nombre de la persona que será evaluada.
- Seleccionar: si el enunciado es falso o verdadero circulando con un círculo.

4.3. Resultado de la capacitación

Al comenzar y en la finalización de las capacitaciones se le indicó al personal que podían hacer preguntas sobre los temas que se estaban tratando y discutir la mejor solución a la interrogante planteada. También se realizó durante la capacitación un espacio para que pueda hacer aportes relacionados a temas de seguridad industrial, y los beneficios en la implementación de la metodología 5'S en la realización de un cambio de presentación en la línea de producción PET.

Las capacitaciones se realizaron en los 4 turnos de producción para que todo el personal recibiera las capacitaciones, sin ninguna excepción.

Los temas que se impartieron en las capacitaciones son:

- Orden y limpieza

El orden es un tema que se recalca constantemente, con la implementación de la metodología 5'S implementada, las piezas y herramientas se encuentran ubicadas en su determinado espacio y almacenada de una forma adecuada para poder realizar sus actividades día con día de una forma más eficiente.

- Manual de procedimientos

Con la implementación de los manuales de procedimientos, se estandarizó la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET, los cuales sirven de base para nuevos colaboradores, para que puedan visualizar de una forma más gráfica la forma adecuada con la cual se debe realizar el cambio

de presentación, logrando la reducción del tiempo de preparación de los equipos, aumentando la eficiencia de las líneas de producción.

4.3.1. Modelo de capacitación

La capacitación se realizó dentro de las instalaciones de Embotelladora S.A., en 4 turnos para validar que todas las personas dentro del área de producción tengan la oportunidad de recibir la capacitación, a continuación, se muestra la presentación realizada dentro de la capacitación.

Figura 98. Capacitación



Continuación de la figura 98.



✓ Colocando las cosas útiles por orden según criterios de:

- ♦ Seguridad: que no se puedan caer, que no se puedan mover, que no estorben.
- ♦ Calidad: que no se oxiden, que no se golpeen, que no se puedan mezclar.
- ♦ Eficacia: minimizar el tiempo perdido para encontrarlo.

LIMPIEZA

- La necesidad de suprimir la suciedad es el motivo principal de que la limpieza esté incluida dentro de las 5S. Mejorar el nivel de limpieza de los lugares de trabajo y alrededores reducirá, entre otras cosas, los accidentes de trabajo, aumentando exponencialmente la seguridad. Del mismo modo, la calidad de la producción se verá directamente afectada por la mayor o menor limpieza del lugar de trabajo.



¿cómo?

DISCIPLINA



- La disciplina rígida permite sacar el máximo partido al resto de elementos que conforman las 5S, pues facilitan su aplicación rigurosa y efectiva. El mantenimiento de la disciplina irá en estrecha relación con la necesidad de aplicar un riguroso control del sistema en su aplicación, así como un seguimiento continuo de la productividad.

Respetando a los demás.
Respetando las normas del taller.
Llevando puestos los equipos de protección.
Teniendo el hábito de limpieza.
Convirtiendo estos detalles en hábitos reflexos.

ESTANDARIZACIÓN

- La estandarización gira en torno a la necesidad de señalar anomalías. Con la intención de prevenir que surja el desorden y la suciedad (ya eliminados mediante las técnicas anteriores) en el lugar de trabajo, es necesario establecer estrictas normas y procedimientos. Únicamente a través del establecimiento de consignas relacionadas con la estandarización de los métodos de trabajo y favoreciendo la gestión visual se permitirá.



CONSEJO PARA MANTENER UNA ÁREA DE TRABAJO ORDENADA



3 CONSEJOS PARA MANTENER EL ÁREA DE TRABAJO ORDENADA



1. Los ítem usados diariamente, deben estar organizados y situados en lugares designados de la zona de trabajo.
2. Los ítem usados con menor frecuencia, se situarán dependiendo de su caso:
 - Los que se usen semanalmente, estarán en la zona cercana.
 - El resto de zonas de almacenamiento más alejadas del lugar de uso.
3. Los ítem que nunca serán usados, deben ser eliminados.

Punto de trabajo sucio: El punto de trabajo está congestionado con materiales, que no se distinguen los que son útiles de los que no lo son, así como los que son útiles frecuentemente de los que se usan de forma esporádica.

Punto de trabajo limpio: Los materiales están organizados y eliminados según su uso.

Continuación de la figura 98.



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 99. **Capacitación Manual de procedimientos**



Fuente: Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. <http://www.cbc.co>.
Consulta: 25 de febrero de 2021.

Figura 100. Evaluación de capacitación

Evaluación de la Capacitación

Nombre: *Angel Ferrero*

Circule la letra V si el enunciado es verdadero y la letra F si el enunciado es falso.

- 1 El método de las 5S es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples los cuales son clasificación o selección, orden, limpieza, normalización o estandarización y mantener disciplina o sostener. V F
- 2 Clasificación o selección: consiste en identificar los elementos que son necesarios en el área de trabajo, separarlos de los innecesarios y desprenderse de estos últimos, evitando que vuelvan a aparecer. Asimismo, se comprueba que se dispone de todo lo necesario. V F
- 3 Ser eficiente energéticamente significa cumplir todas las necesidades de producción con el menor consumo posible de energía, lo cual se expresa en menores costos de producción. V F
- 4 Se recomienda la limpieza periódica de los filtros de aire. Evitar el uso de aire comprimido para ventilación o limpieza. Determinar la presión mínima requerida para la operación satisfactoria de todos los equipos y efectuar su control. V F
- 5 Orden: consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos. V F

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

4.4. Costo de la propuesta

Se determinaron los costos generados con la realización de las capacitaciones dentro del área de producción en Embotelladora S.A., los cuales fueron en su totalidad cubiertos por Embotelladora, S. A. La embotelladora es

una empresa que se preocupa por la seguridad de sus colaboradores y vela por su bienestar dentro de toda la planta de producción.

Los costos estimados en la realización de las capacitaciones mencionadas se muestran en la tabla CXXVI.

Tabla CXXVI. **Costos de la capacitación**

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Humano	Asesor interno	1	Q -	Q -
	Asesor Usac	1	Q -	Q -
	Asesoría externa	2	Q 500	Q 1 000
Materiales	Impresión de material de apoyo	2	Q 100	Q 200
	Impresión de manuales de procedimiento	2	Q 150	Q 300
	Costo total			Q 1 500

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 2021.

CONCLUSIONES

1. En la fase de diagnóstico de las líneas de producción PET, se analizaron los procedimientos en la realización de un cambio de presentación, las herramientas utilizadas, el tiempo de preparación de los equipos y las horas de paros no programados por el excesivo tiempo en la realización de un cambio de presentación, lo que generaba una baja en la eficiencia de las líneas de producción PET.
2. Para determinar el cuello de botella en la realización de un cambio de presentación se utilizaron la herramientas Atlas, la cuantificación de los paros no programados por cada equipo en las líneas de producción, tomando datos históricos proporcionados por la empresa, aplicando cálculos estadísticos se logró determinar que el cuello de botella para la línea de producción "A" es el posicionador, para la línea de producción "B" se determinó que el cuello de botella es la etiquetadora, por lo cual estos equipos fueron el foco dentro de las líneas de producción.
3. Por medio de observaciones y tomas de tiempo se identificaron los procedimientos que se utilizaban para la realización de un cambio de presentación, lo que demostró que no existe un sistema estandarizado, ya que cada operario realiza este cambio de presentación de una manera que él considere correcta, lo que causa los paros no programados en las líneas de producción.

4. Dentro de las líneas de producción se determinaron parámetros de operación, los cuales fueron establecidos por cada equipo que se encuentra en la línea de producción, como se puede mencionar la velocidad de operación, temperatura del horno, y tamaño de la etiqueta. Estos parámetros de operación fueron validados por el tipo de presentación a producir.
5. En las dos líneas de producción PET, se utilizó la herramienta de la metodología 5´S para el diseño e implementación del sistema para la realización de un cambio de presentación, estandarizando los procedimientos a seguir cada vez que se realiza un cambio de presentación, realizando un estudio de tiempo para determinar el tiempo estándar en la realización de un cambio de presentación, el cual será medido por medio de KPI´S mensualmente.
6. Después de la implementación del sistema para la reducción de paros no programados, utilizando la metodología 5´S en las líneas de producción PET, la línea de producción “A” cierra el mes con una eficiencia de 56,06 %, presentando un aumento de 3,06 % arriba de su KPI´S mensuales de eficiencia que es de 53,00 %, la línea de producción B cierra el mes con una eficiencia de 58,46 % presentando un aumento de 4,46 % arriba de su KPI´S mensuales de eficiencia que es de 54,00 %. Las dos líneas de producción presentaron aumento en su eficiencia después de la implementación del sistema para la reducción de paros no programados, aplicando la metodología 5´S en la realización de un cambio de presentación.

7. Se establecido un plan para la reducción de consumo de agua suave en el proceso de pasteurización, realizando un croquis de un sistema de tubería para la recirculación del agua suave dentro del pasteurizador para reducir la cantidad de agua suave utilizada, realizando un proceso de pasteurizado más eficiente.
8. Para establecer una producción más limpia en el proceso de pasteurizado, se estableció la propuesta de la reparación del sistema de condensado de vapor, como también la implementación de secadores en la salida del pasteurizador para evitar la pérdida de los 5 ml que se pierden por cada lata que sale del pasteurizador en cada corrida de producción.
9. Se estableció un plan de capacitaciones en Embotelladora, S. A., con un cronograma de actividades en las cuales se busca mejorar la satisfacción de los operarios en el área de producción, estableciendo una cultura de actitud segura dentro de la planta de producción, para cumplir con un plan de cero accidentes.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la matriz de saneamientos al momento de la realización del plan de producción dentro de la planta, para mejorar la secuenciación y precisión del plan de producción, lo que ayudara a reducir la cantidad de saneamiento dentro de un turno de producción, generando un aumento en la eficiencia de las líneas de producción.
2. Implementar un plan de incentivo por el cumplimiento de los KPI'S en los cuales cada KPI'S debe ser ponderado con un porcentaje de su bono, si cumplen todos los KPI'S mensuales reciben el bono completo, el KPI que debe ser ponderado con una mayor puntuación es el de eficiencia con un aproximado de un 40 % del bono.
3. Analizar los indicadores por medio de un *dashboard* en las líneas de producción, para poder llevar un mejor control de los KPI'S, estableciendo planes de acción cuando un KPI cierre un mes por debajo de su objetivo establecido.
4. Realizar auditorías mensuales de las 5'S en el área de producción, con una lista de comprobación para determinar el alcance que tuvo en la realización de un cambio de presentación en las líneas de producción PET.
5. Reparar el sistema de condensado de vapor del pasteurizador, que se encuentra en mal estado, y las válvulas no funcionan correctamente, lo deja escapar el vapor y el proceso de condensado no es eficiente.

6. Utilizar el mapeo realizado a lo largo del túnel del pasteurizador de todas las fugas que tiene en la parte de las bañeras, v sellar todas las fugas para evitar que se pierda agua de una forma ineficiente, lo que provoca el excesivo consumo de agua suave al momento de realizar el proceso de pasteurización.

7. Capacitar al personal de una manera más constante, en la cual se deben de tocar temas de seguridad industrial, manejo de montacargas, trabajo en espacios confinados y temas de mejora continua, para que los procesos de producción cada día los realicen de una manera más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA, Luzángela; ÁLVAREZ, María; BERNAL, César; DÍAZ, María; GONZÁLEZ, Carlos; GALINDO, Óscar; VILLEGAS, Andrés. *Administración por calidad*. Bogotá, Colombia. Alfaomega Colombiana S.A., 2011. 360 p.
2. DORBESSAN, José Ricardo. *Las 5S, herramientas de cambio*. San Nicolas, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, 2002. 14 p.
3. Embotelladora S.A. *Instructivo de usuario para línea de plásticos*. [en línea]. <<http://www.cbc.co>>. [Consulta: 25 de febrero de 2021].
4. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 451 p.
5. HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la Investigación*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 656 p.
6. JUÁREZ, Carla. *Propuesta para implementar metodología 5S's en el departamento de cobros de la subdelegación Veracruz Norte IMSS*. Xalapa. Veracruz, México: Universidad Veracruzana, 2009. 129 p.
7. KRICK, Edwar. *Ingeniería de métodos*. México: Lisuma, 2004. 543 p.

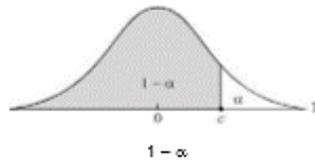
8. SACRISTAN REY, Francisco. *En busca de la eficiencia del sistema de producción*. España: Fundación Confederal, 2003. 338 p.

9. TUAREZ, César. *Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM (Mantenimiento productivo total)*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2013. 167 p.

ANEXO

Anexo 1. Tabla de la distribución T-Student

La tabla da áreas $1-\alpha$ y valores $C = t_{1-\alpha,r}$ donde T tiene distribución t-Student con r grados de libertad.



r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Fuente: Embotelladora S.A. *Maquinaria*. Guatemala <http://www.cbc.co>. Consulta: 25 de febrero de 2021.

