

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROYECTO DE GRADO

**“PROPUESTA DE MEJORA Y SIMULACIÓN EN EL PROCESO
PRODUCTIVO DE FORMACIÓN DE ENVASES APLICANDO LA
HERRAMIENTA SMED EN LA FÁBRICA DE ENVASES DE VIDRIO
ENVIBOL”**

POSTULANTE: Lesly Tania Vidaurre Mejia

TUTOR: Ing. David Alemán Sánchez

Sucre - Bolivia

2022

APROBACIÓN

Aprobado en el nombre de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco

Xavier de Chuquisaca.

Facultad de Ciencias y

Tecnología Por el siguiente

Tribunal:

Ing. Jacqueline Ramos Calani

Tribunal

Ing. Romina Daza Ramos

Tribunal

Ing. Gonzalo Rengifo
Sandoval

Tribunal

Ing. José Salazar Murillo

Presidente del tribunal

Nota:.....

Aprobación:.....

Sucre,.....de..... 2022

RESUMEN

El presente proyecto consiste en una propuesta de mejora en el proceso productivo de formación de envases mediante la aplicación de la herramienta SMED en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL ubicada en la provincia de Zudáñez. Uno de los aspectos fundamentales para la aplicación de la herramienta SMED en el proceso productivo de formación es la reducción de tiempos perdidos en los cambios de producción o de moldería lo que genera baja disponibilidad de las máquinas afectando la productividad de la empresa, por tal razón se evaluó a la empresa en el proceso de formación de envases encontrando falencias a lo largo de sus operaciones en dicho proceso, posteriormente de acuerdo a esta evaluación se realizó un análisis de los tiempos perdidos y como reducir estos, para proceder de esta manera a la aplicación de la herramienta SMED en el proceso productivo de formación de envases, finalmente el estudio se completó con un análisis de costo/beneficio.

El contenido del documento se divide de la siguiente manera:

- I. Introducción, en el cual se establecen principalmente los objetivos y el diseño metodológico para la realización del proyecto.
- II. Marco teórico, en el cual se sustentan las bases teóricas del proyecto.
- III. Diagnóstico, realizado con la finalidad de analizar el grado de aplicación de la herramienta SMED, determinando tiempos de cada operación realizada en los cambios de producción o de moldería en la máquina del proceso de formación de una línea.
- IV. Propuesta de mejora en el proceso de formación de envases mediante la aplicación de la herramienta SMED en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.
- V. Análisis de los costos en los que incurrirá el proyecto.
- VI. Concluir y recomendar.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.6.1. Justificación académica	4
1.6.2. Justificación económica	5
1.6.3. Justificación técnica	5
1.6.4. Justificación social	5
1.7. METODOLOGÍA	6
1.8. ALCANCE	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1. Tesis	8
2.1.2. Revistas	9
2.2. LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING	10
2.3. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE SMED	14
2.3.1. Fundamentos del SMED	14
2.3.2. Etapas de la metodología SMED	15
2.3.2.1. Etapa preliminar: (No se distinguen las preparaciones internas y externas).....	15
2.3.2.2. Primera etapa: Separación de la preparación interna y externa	16
2.3.2.3. Segunda etapa: Conversión de la preparación interna a externa.....	16

2.3.2.4. Tercera etapa: Perfeccionamiento de todos los aspectos de la operación de preparación.....	16
2.3.3. Beneficios del SMED	17
2.3.4. Algunos conceptos.....	17
2.3.4.1. Metodología 5'S.....	17
2.3.4.2. Rectificado	18
2.3.4.3. Rectificado cilíndrico interior	18
2.4. CARACTERISTICAS DEL ENVASE DE VIDRIO	18
2.4.1. Envase de vidrio.....	18
2.4.2. Partes principales de un envase de vidrio	19
2.4.3. Características técnicas del envase	19
2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE VIDRIO	21
2.5.1. Recepción de la materia prima.....	23
2.5.2. Preparación de Mezclas (Composición)	24
2.5.3. Fusión de la mezcla y refinación del vidrio	26
2.5.4. Acondicionamiento del vidrio	27
2.5.5. Formación de gota.....	27
2.5.6. Proceso de formación.....	28
2.5.6.1. Proceso soplo-soplo (La máquina sopla en el premolde y sopla en el molde)....	28
2.5.6.2. Proceso prensa y soplo (La máquina prensa para hacer la boca y sopla para terminar el cuerpo)	29
2.5.6.3. Proceso NNPB (Prensa soplo boca estrecha).....	30
2.5.7. Recocido del envase.....	31
2.5.8. Tratamiento	31
2.5.9. Inspección del envase formado.....	31
2.5.9.1. Inspección automática	32
2.5.9.2. Control de calidad en laboratorio	32
2.5.9.3. Inspección visual	32
2.5.10. Paletizado y empaque	32
2.5.11. Almacenamiento	33
CAPÍTULO III	34

DIAGNÓSTICO CONTEXTUAL DE LA EMPRESA.....	34
3.1. LA EMPRESA	34
3.1.1. Misión	35
3.1.2. Visión.....	35
3.1.3. Organigrama	36
3.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA.....	37
3.3. PRODUCCIÓN	38
3.3.1. Diagrama de producción	39
3.3.2. Layout de la planta.....	40
3.4. SITUACIÓN ACTUAL PROCESO DE PRODUCCIÓN	41
3.4.1. Diagnóstico proceso de producción de envases.....	41
3.4.2. Diagrama causa-efecto.....	44
3.4.3. Diagnóstico de tiempos de cambio de producción y moldería	45
3.4.3.1. Análisis y diagnóstico en el cambio de producción	47
3.4.3.2. Análisis y diagnóstico de tiempos en el cambio de moldería	48
3.4.4. Análisis y diagnóstico reparación y limpieza de moldería en la línea de producción .	65
3.4.5. Maquinaria de la línea de producción.....	71
3.4.5.1. Horno de fundición	71
3.4.5.2. Gota	71
3.4.5.3. Máquina formadora I.S.	72
3.4.5.4. Máquina Archa de recocido	73
3.4.5.5. Tratamiento	74
3.4.5.6. Máquinas de Inspección MCAL4 - MULTI4 – MX4	74
3.4.5.7. Paletizado	75
3.4.6. Características técnicas de maquinaria	76
3.4.7. Simulación del proceso productivo actual antes de la aplicación del SMED.....	78
3.4.7.1. Simulador utilizado	78
3.4.7.2. Diseño del modelo.....	78
3.4.7.2.1. Locaciones (locations).....	79
3.4.7.2.2. Entidades (Entities).....	79
3.4.7.2.3. Proceso (Processing)	79

3.4.7.3. Validación del modelo	81
3.4.7.3.1. Objetivo del modelo	81
3.4.7.4. Resultados	84
CAPÍTULO IV.....	86
PLAN DE MEJORA METODOLOGÍA SMED.....	86
4.1. INTRODUCCION.....	86
4.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED.....	87
4.2.1. Revisión del método actual del cambio de producción	87
4.2.1.1. Identificación de operaciones cambio interno y externo de cambio de producción	87
4.2.2. Revisión del método actual del cambio de moldería	89
4.2.2.1. Identificación de operaciones cambio interno o externo de cambio de moldería .	89
4.2.3. Identificación de operaciones	102
4.2.3.1 Técnica 3 μ.....	102
4.2.3.1.1. Muri	102
4.2.3.1.2. Muda	103
4.2.3.1.3. Mura	104
4.2.3.1.4 Beneficios de la técnica 3 μ.....	104
4.2.3.2. Técnica de 5'S.....	104
4.2.3.2.1. Clasificar.....	104
4.2.3.2.2. Organizar	105
4.2.3.2.3. Limpiar	105
4.2.3.2.4. Estandarizar	105
4.2.3.2.5. Compromiso	106
4.2.3.2.6. Resistencias	106
4.2.3.2.7. La implantación de la técnica de 5'S ayudará a la metodología SMED de la siguiente manera:	106
4.2.4. Cambio de Moldería- Cambio de producción.....	107
4.2.5. Equipos críticos para la reparación de máquina cuando existe defectos	109
4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5'S: CAMBIO DE MOLDERÍA PARA REDUCIR TIEMPOS	110

4.3.1. Manual de procedimiento	110
4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED.....	110
4.5 TIEMPOS PROMEDIOS CAMBIO DE PRODUCCIÓN	110
4.6 TIEMPOS PROMEDIOS CAMBIO DE MOLDERIA SEGÚN ACTIVIDADES	113
4.7. MÉTODO PROPUESTO.....	117
4.7.1. Mano De obra	117
4.7.2. Maquinaria y equipo	117
4.8. SIMULACIÓN EN PROMODEL CON LA PROPUESTA DE MEJORA.....	117
4.8.1. Resultados	119
CAPÍTULO V	121
ANÁLISIS ECONÓMICO	121
5.1. SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN.....	121
5.2. ANÁLISIS FINANCIERO REALIZADA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED.....	123
5.3. PROYECCIÓN DE INGRESOS	123
5.4. COSTOS REQUERIDOS PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	123
5.4.1. Costos de inversion	123
5.4.2. Costo de capacitación en SMED Y 5'S	124
5.4.3. Costos de servicios básicos	126
5.4.4. Costos de recursos humanos	126
5.5. INDICADORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA.....	127
5.5.1. Indicadores de evaluación.....	127
5.6. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	130
5.6.1. Indicador PTM	130
5.6.2. Indicador retenido	131
5.6.3. Disponibilidad de la máquina	133
5.6.3.1. Disponibilidad de la máquina antes del SMED	133
5.6.3.2. Disponibilidad de la máquina después del SMED	133
CAPÍTULO VI.....	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
6.1. CONCLUSIONES.....	135

6.2. RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
ANEXOS	141
ANEXO A: Situación actual simulación PROMODEL	142
ANEXO B: Tiempos de cambio correspondiente al mes de febrero de 2020	143
ANEXO C: Diagrama de Pareto Defectos recurrentes	150
ANEXO D: Distribución de los tiempos de cambios de moldería por día.....	151
ANEXO E: Manual de implementación de 5'S a través de la herramienta SMED	152
ANEXO F: Matriz de ponderación en % de reducción en tiempos de cambio de producción o moldería	171
ANEXO G: Distribución de los tiempos mejorados de cambios de moldería por día	172
ANEXO H: Elementos en el modelo de simulación.....	173
ANEXO I: Defectos de los envases	174
ANEXO J: Cronograma de limpieza anual.....	176
ANEXO K: Formato registro de análisis de operación y tiempos herramienta SMED	177
ANEXO L: Memoria Fotográfica	178
ANEXO M: Equipo de Protección Personal de uso en la producción de vidrio	180

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Pasos en un proceso de preparación de máquinas.....	15
Tabla N° 2 Detalles de un envase de vidrio	20
Tabla N° 3 Especificaciones de componentes menores.....	24
Tabla N° 4 Ejemplo de Composición.....	25
Tabla N° 5 Actividades de un cambio de producción:	47
Tabla N° 6 Tiempos en cambio de molde	52
Tabla N° 7 Tiempos en cambio de premolde.....	53
Tabla N° 8 Tiempos en cambio de fondo	54
Tabla N° 9 Tiempos en cambio de corona.....	55
Tabla N° 10 Tiempos cambio de bomba o cabeza de soplo	56
Tabla N° 11 Tiempos en cambio de pistón	57
Tabla N° 12 Tiempos en cambio de bafle.....	58
Tabla N° 13 Tiempos en cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)	59
Tabla N° 14 Tiempos en cambio de guía.....	60
Tabla N° 15 Tiempos en cambio de brazo de bafle	61
Tabla N° 16 Tiempos en cambio de bisagra de premolde	62
Tabla N° 17 Tiempos en cambio de bisagra de molde	63
Tabla N° 18 Tiempos cambio de brazo invertido	64
Tabla N° 19 Proceso de limpieza y reparación de moldes y premoldes.....	65
Tabla N° 20 Proceso de limpieza y reparación de accesorios (Pistones, Coronas, Fondos, Bafles y Bombas).....	66
Tabla N° 21 Características técnicas de maquinaria.....	76
Tabla N° 22 Identificación de operaciones como de cambio interno o externo	88
Tabla N° 23 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de molde	89
Tabla N° 24 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de premolde	90
Tabla N° 25 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de fondo	91
Tabla N° 26 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de corona	92
Tabla N° 27 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bomba o cabeza de soplo	93

Tabla N° 28 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de pistón.....	94
Tabla N° 29 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bafle	95
Tabla N° 30 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo).....	96
Tabla N° 31 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de guía.....	97
Tabla N° 32 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de brazo de bafle.....	98
Tabla N° 33 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bisagra de premolde.....	99
Tabla N° 34 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bisagra de molde.....	100
Tabla N° 35 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de brazo invertido.....	101
Tabla N° 36 Accesorios para cambio de moldería.....	108
Tabla N° 37 Accesorios para cambio de moldería.....	109
Tabla N° 38 Tiempos de cambio de producción.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Metodología.....	6
Figura N° 2 Herramientas de Lean Manufacturing.....	14
Figura N° 3 Esquema fases aplicación SMED.....	17
Figura N° 4 Partes principales de un envase de vidrio	19
Figura N° 5 Partes técnicas de un envase de vidrio	20
Figura N° 6 Diagrama del proceso de producción de envases de vidrio	22
Figura N° 7 Premolde.....	29
Figura N° 8 Soplo.....	29
Figura N° 9 Prensa/soplo.....	30
Figura N° 10 Organigrama de planta	36
Figura N° 11 Macro Localización de la planta	37
Figura N° 12 Micro Localización de la planta.....	37
Figura N° 13 Diagrama de proceso de producción	39
Figura N° 14 Layout de la planta	40
Figura N° 15 Diagrama Causa-efecto	44
Figura N° 16 Representación gráfica de las partes cambiables de moldería.....	45
Figura N° 17 Diagrama de operaciones de cambio de producción	46
Figura N° 18 Diagrama de operaciones de cambio de moldería	49
Figura N° 19 Arenadora	67
Figura N° 20 Espacio de trabajo para la reparación de moldería	67
Figura N° 21 Retiro de vidrio del molde con una herramienta punzante	68
Figura N° 23 Diagrama de flujo proceso de reparación y limpieza de moldes y premoldes	69
Figura N° 24 Diagrama de flujo proceso de reparación y limpieza de accesorios (Pistones, coronas, bafles y bombas).....	70
Figura N° 25 Horno de fundición.....	71
Figura N° 26 Gota	72
Figura N° 27 Formación de gota.....	72
Figura N° 28 Máquina formadora I.S.	73
Figura N° 29 Archa de recocido.....	74

Figura N° 30 Tratamiento	74
Figura N° 31 Máquinas de inspección MCAL4 – MULTI4 – MX4	75
Figura N° 32 Paletizadora	76
Figura N° 33 Estado actual del proceso productivo ENVIBOL.....	80
Figura N° 34 Simulación proceso de producción ENVIBOL.....	82
Figura N° 35 Resultados obtenidos para un día de trabajo.....	84
Figura N° 36 Simulación propuesta de mejora ENVIBOL	118
Figura N° 37 Resultados obtenidos para un día de trabajo propuesta de mejora	119

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Reseña de tesis referentes al tema	8
Cuadro N° 2: Reseña de artículos en revistas referentes al tema.....	9
Cuadro N° 3: Evaluación eficiencias y deficiencias en las etapas del proceso de producción..	42
Cuadro N° 4: Comparación de resultados.....	84
Cuadro N° 5: Situación actual de producción.....	121
Cuadro N° 6: Situación de producción con mejora	123
Cuadro N° 7: Proyección de ingresos	123
Cuadro N° 8: Detalle de costos de inversión para el plan de implementación	124
Cuadro N° 9: Detalle de costos de capacitación de la metodología 5's	125
Cuadro N° 10: Detalle de costos de capacitación de la herramienta smed	125
Cuadro N° 11: Detalle de costos de servicios básicos	126
Cuadro N° 12: Detalle de costos de recursos humanos	127
Cuadro N° 13: Flujo de caja	128
Cuadro N° 14: Determinación del VAN.....	129
Cuadro N° 15: Determinación del TIR	129

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1: Productividad actual envibol (vino 700).....	85
Gráfico N° 2: Tiempos promedios de cambio de producción.....	112
Gráfico N° 3: Tiempos promedios de cambio de moldería	116
Gráfico N° 4: Productividad con mejora envibol (vino 700).....	120
Gráfico N° 5: Comparación del indicador PTM	131
Gráfico N° 6: Comparación del indicador retenido	132
Gráfico N° 7: Comparación de la disponibilidad de la máquina I.S.....	134

GLOSARIO DE TÉRMINOS

I.S.: Individual Section (Sección Individual).

SET UP: (Cambio de útil) es el conjunto de actividades relacionadas con el cambio de máquina en un entorno de fabricación, al pasar de un producto a otro. Esto normalmente lleva un tiempo asociado al cambio de matrices, moldes u otro tipo de dispositivos en la máquina.

SMED: (Single minute exchange of die) cambio de matriz en menos de 10 minutos.

FEEDER: Alimentador.

BATCH: Lote.

MERMA: Porcentaje de desperdicios.

COOLER: Ventilador capaz de enfriar y mantener la temperatura.

TAZÓN: Lugar donde va la materia prima fundida para posteriormente formar la gota.

RECALIFICACIÓN DE SECCIONES: Inspección por atributos y calibres pasa no pasa a los envases de cada una de las secciones de las Máquinas I.S. de formación.

ATRIBUTO: Característica de la calidad que se juzga mediante expresiones calificativas como son las siguientes: Pasa/No pasa, Aprobado/Rechazado, Conforme/No conforme.

CALIBRE: Equipo de seguimiento y medición empleado para verificar las dimensiones y/o tolerancias de las piezas o envases contra las especificaciones determinadas.

PTM: (Pack To Melt: empacar para derretir) es un indicador que visualiza directamente el aprovechamiento entre las toneladas empacadas versus las toneladas fundidas en el horno.

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El cambio de producto en las líneas de producción de las empresas del ramo productivo es una actividad clave que les permite atender la demanda en el mercado. Es importante resaltar que, si el desarrollo del cambio de producto no es ejecutado dentro de valores meta establecidos, la competitividad de las empresas corren el riesgo de perderla.

La industria del vidrio no es ajena a la realización de cambios de producto, o cambios de moldería, estos cambios son realizados en el proceso productivo de formación, razón por la cual la gestión de este proceso es vigilada. Se podrá conocer durante el desarrollo de este proyecto que se han realizado estudios con el objetivo de buscar cómo reducir las afectaciones en las operaciones diarias de las compañías, en donde sobresale una técnica que, por su validez y efectividad permanece vigente, a pesar de haberse desarrollado hace ya varios años, y que fuera formulada en el Japón, implementada por Toyota, siendo esta la herramienta SMED (cambio de

matrices en minutos de dígito sencillo, por sus siglas en inglés: Single Minute Exchange Of Dies) que de forma metodológica busca reducir el tiempo de cambio de referencia en máquinas de entornos productivos, su aplicación en la realización de cambios de producto y cambios de moldería, en el proceso productivo de formación, puede ser muy provechosa para detectar áreas de mejora que permitan a la empresa mantener una ventaja competitiva en el mercado.

En el presente trabajo titulado “Propuesta de mejora y simulación en el proceso productivo de formación de envases aplicando la herramienta SMED en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL” se detallan los pasos necesarios para mejorar el proceso productivo de formación reduciendo tiempos en los cambios de producto o de moldería realizados en una línea de producción de envases.

1.2. ANTECEDENTES

La fábrica de envases de vidrio ENVIBOL por su reciente participación en el mercado, no cuenta con antecedentes mayores a dos años, pero se pudo observar durante ese tiempo que en el proceso productivo de formación al momento de realizar los diferentes cambios de referencia (moldería o de producto) es donde lleva mayor tiempo en la producción por ende menor productividad generando mayores costos de producción.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fábrica de envases de vidrio emplazada en la provincia de Zudáñez en el departamento de Chuquisaca, cuyos productos son envases de vidrio tal como su nombre lo indica, maneja toda la cadena productiva usando materia prima propia del municipio como ser la arena que se encuentra a 5 km de la fábrica. La planta genera volúmenes de producción de envases de vidrio en función al tamaño o capacidad que oscilan entre 80.000 y 600.000 botellas por día (capacidades referenciales para botellas de 750 y 315 mL de capacidad).

El proceso productivo de formación de envases cuenta con los mecanismos de cambios de producto, cambios de moldería, regulación de la presión del aire, tiempos de operación de máquinas, estabilización de máquina y control de la calidad de los envases, éstos pasos son

necesarios para cambiar las condiciones de formación y obtener una calidad óptima de los diferentes tipos de envases y botellas que el cliente demanda.

Se ha observado cada tipo de cambios de referencia que se realiza en las máquinas formadoras de envases y se ha detectado demoras que provocan una baja disponibilidad de las máquinas y toman un largo tiempo para finalizar con todas las actividades.

En relación a la mano de obra, requiere de capacitación para optimizar el tiempo de cambios de referencia, existe mala organización entre los trabajadores lo cual genera retrasos en los cambios, así mismo se requiere un mejor control de la calidad de los envases y la alta temperatura en el puesto de trabajo que genera estrés térmico en los trabajadores.

En relación a la máquina, la falta de repuestos provoca demoras al momento de realizar un cambio de referencia y la falta de equipos para la reparación de moldería.

En cuanto al material, tener herramientas en mal estado y utilizar herramientas y equipos manuales muy básicos generan demoras las cuales influyen en la disponibilidad de máquina. Por otra parte, el medio ambiente, la falta de iluminación, el desorden y la elevada temperatura en el espacio de trabajo generan tiempos muertos.

Referente a la medida, la falta de toma de tiempos de una actividad produce que no se tenga un control exacto de la duración de cada actividad, por ende, el proceso es deficiente.

Por último, con respecto a los métodos, la falta de planificación genera que los trabajos de cambio de producto, o de moldería demoren más tiempo, los defectos en los envases sean constantes, no se trabaje con disciplina y no se lleve un control exacto para mejorar los tiempos.

Así también la productividad de la fábrica de envases de vidrio se puede ver afectada al momento de realizar una relación de eficiencia entre materia prima que ingresa para ser transformada Vs unidades obtenidas, es decir al hacer relación costo-beneficio. Es así como en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL y específicamente en el área de formación de envases (cambios de referencia), se ve afectado por varias condiciones que se presentan a lo largo de toda la línea de producción. De no atender esta situación problemática, la empresa perderá participación en el mercado y sus utilidades serán cada vez menores, por lo tanto, con el fin de

solucionar esta situación. El presente proyecto propone establecer el uso de la herramienta SMED que es una herramienta de la filosofía Lean Manufacturing para buscar la forma de mejorar y optimizar el proceso productivo, a través de sus metodologías ayudará a eliminar o reducir actividades innecesarias que no generan valor agregado dentro del proceso productivo de formación de envases.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible mejorar el proceso productivo de formación de envases de la fábrica ENVIBOL aplicando la herramienta SMED?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta de mejora y simulación en el proceso productivo de formación de envases de la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL aplicando la herramienta SMED.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico inicial de producción de envases de vidrio ENVIBOL.
- Determinar el tiempo de reducción en los cambios de referencia aplicando la herramienta SMED.
- Simular el proceso productivo de envases de vidrio actual y con mejora.
- Analizar los indicadores de producción: PTM, Retenido y disponibilidad de la máquina.
- Analizar la relación costo/beneficio de la propuesta de mejora.

1.6. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. Justificación académica

La elaboración del proyecto de grado, para la obtención del título a nivel licenciatura, pone en práctica todo lo aprendido en el transcurso de la carrera de Ingeniería Industrial,

mediante la investigación sobre un tema específico, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos. El Ingeniero Industrial es creativo y cuenta con la capacidad de afrontar y liderar el cambio, dando solución a problemas que se presentan en una organización o empresa, con el fin de buscar la mejora continua y la optimización de recursos.

1.6.2. Justificación económica

La producción de envases de vidrio es una actividad rentable, y con la propuesta de mejora en el proceso productivo de formación de envases aplicando la herramienta SMED proporciona un valor agregado al producto, logrando que la empresa opere sin demoras en los procesos ayudando a la mejora de la productividad, teniendo como resultado un producto sin defectos por ende de mayor calidad, que se traduce en la reducción de costos por desperdicio, mejora de los resultados con el incremento de ingresos, lo cual permite desarrollar una ventaja competitiva frente a sus competidores.

1.6.3. Justificación técnica

La fábrica de envases de vidrio ENVIBOL presenta factores interviniéntes en el proceso productivo de formación de envases al momento de realizar cambios de referencia, por tal motivo es necesario realizar un análisis de todos los aspectos que pueden afectar a este proceso y así aplicar medidas correctivas con el fin de evitar desperdicios de todo tipo.

Una de las mejoras más importantes, requeridas por la mayoría de las industrias, es la reducción de los tiempos de utilaje de máquinas en los procesos de producción.

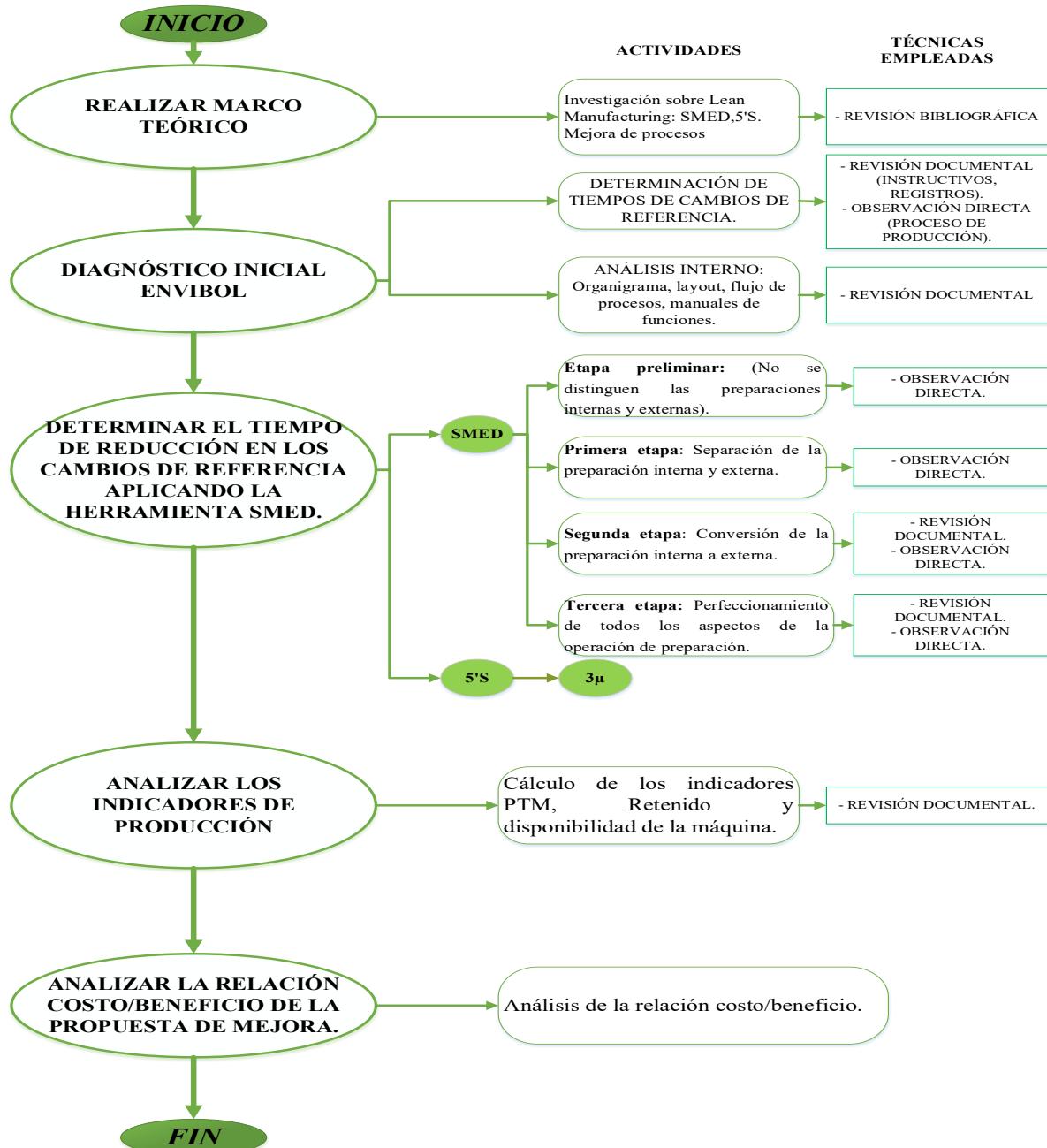
1.6.4. Justificación social

Los envases de vidrio son productos muy demandados en el país por empresas productoras de cerveza, vino, mermeladas, bebidas alcohólicas, entre otros, debido a que éstos protegen las cualidades del producto que contiene, lo cual contribuye a incrementar los ingresos de los productores de bebidas o productos contenidos en botellas o envases de vidrio. Al momento de demandar estos productos los envases deben cumplir con todos los estándares de calidad para no dañar al cliente primario y al cliente final.

1.7. METODOLOGÍA

El presente proyecto está basado en el estudio de datos históricos y el control de los procesos. El siguiente diagrama de flujo muestra la metodología a desarrollarse en el proyecto.

Figura N° 1 Metodología



Fuente: *Elaboración propia (2020)*

1.8. ALCANCE

El alcance del presente proyecto se enfoca de manera principal en desarrollar una propuesta de mejora que permita optimizar los aspectos asociados al proceso productivo de formación de envases en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.

Por lo tanto, para lograr el desarrollo de la propuesta, se llevará a cabo un diagnóstico del proceso productivo de formación de envases al momento de realizar los diferentes cambios de referencia (cambio de producción o cambio de moldería), con el fin de identificar todas aquellas falencias que estén evitando la máxima eficiencia en el proceso productivo de la empresa el cual debe ser mayor al 80 % (dato utilizado por la fábrica ENVIBOL), haciendo uso de la herramienta SMED.

Concluyendo de esta manera, en la evaluación de las alternativas de mayor impacto que se identifiquen en el proceso estudiado, mediante un análisis costo beneficio, que tenga la capacidad de responder a las soluciones requeridas para mejorar las condiciones actuales del proceso productivo de formación de envases.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los trabajos relacionados con este proyecto son nombrados a continuación.

2.1.1. Tesis

Cuadro N° 1: Reseña de tesis referentes al tema

Nº	Título	Autor(es)	Año	País	Resultados obtenidos
1	“Propuesta de mejora en el proceso de formación de envases de vidrio usando la herramienta SMED en la empresa Owens Illionois PERÚ S.A.”	Alex Fernando Ramos Reyes, Alan Cesar Salirrosas Yaranga	2017	Perú	Debido al desperdicio de tiempos en el cambio de doble gota a triple gota en la máquina de formación de envases referente a este proyecto los autores ven la necesidad de implementar la herramienta SMED en el proceso de formación de envases de vidrio OWEN ILLINOIS, obteniendo como resultado la eliminación de tiempos improductivos en un 25 % aproximadamente convirtiéndolos en productivos logrando un incremento en la producción como la reducción de costos de operación.

Nº	Título	Autor(es)	Año	País	Resultados obtenidos
2	“Aplicación de la técnica SMED en la fabricación de envases aerosoles”	Alex Reynaldo Cuc Can	2005	Guatemala	El autor usa la herramienta SMED para reducir el tiempo en los cambios de altura realizados en una línea de ensamble en serie de envases aerosoles teniendo como resultado de la implementación la mejora de tiempos en un 60 % de cambios de altura en tres líneas de producción de la empresa, lo cual generó un ahorro en sus costos de fabricación.
3	“Diseño de un plan de acción de mejora basado en herramientas SMED y 5’S para disminuir los tiempos de cambio de referencia en el área de tornos en una empresa de mecanizados”	Sandra Paola Ramos Mancilla, John Jairo Buenaño Velasco	2016	Colombia	Los autores usan las herramientas SMED y 5’S para disminuir los tiempos de cambio de referencia en la celda de tornos de una empresa del sector metalmecánico teniendo como resultado preliminar cerca del 30% en reducción de tiempos.

Fuente: Elaboración propia en base a las tesis analizadas

2.1.2. Revistas

Cuadro N° 2: Reseña de artículos en revistas referentes al tema

Nº	Descripción de la revista	Nombre del artículo	Año	Autor(es)	Resumen
1	Revista Administración y finanzas. Vol.4 No.12 16-29	SMED: Reducción de tiempos de cambio de la línea de producción maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas en la Región Sur de Sonora	2017	Gonzales Valenzuela Elizabeth, Beltrán Esparza Luz Elena, Cano Carrasco Adolfo y Valenzuela Muñoz Alejandra	El objetivo que los autores del artículo en esta revista lograron fue la reducción de tiempo de cambio en el área de empaque en la línea de producción de maíz en dos tipos de limpieza utilizando la herramienta SMED, donde se ve reflejado en un 49 % y 56,2 % de reducción.

Nº	Descripción de la revista	Nombre del artículo	Año	Autor(es)	Resumen
2	Revista Actualidad y Nuevas tendencias. Vol. V, N°17	Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción?	2016	José Vargas Hernández, Gabriela Muratalla Bautista, María Jiménez Castillo	El objetivo de los autores del artículo fue analizar el impacto de la implementación de la filosofía Lean Manufacturing en la mejora continua y la optimización de un sistema de producción, en base a datos obtenidos por medio de su investigación se logró comprobar que las empresas con problemas en desperdicios logran la reducción de estos en un 50% al 20%.

Fuente: Elaboración propia en base a las revistas consideradas

2.2. LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING

En este apartado se presenta el concepto de “Lean Manufacturing”, cuáles son los principios en los que está basado, que herramientas forman parte de esta filosofía y cuáles son los beneficios que aporta a una empresa.

“Lean Manufacturing” es una metodología que tiene el objetivo de eliminar el desperdicio e identificar las operaciones que no le agregan valor al producto y al proceso, con el fin de generar beneficios tangibles para el cliente final. Nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eiji Toyoda entre otros.

Está definida como una filosofía de excelencia de manufactura basada en: Eliminación de desperdicio, respeto por el trabajador, procesos continuos de análisis (KAIZEN), mejora continua de productividad y calidad, producción “PULL” y elementos y procesos a prueba de fallos (poka yoke). (Womack & Jones, 2003)

Para implementar “Lean Manufacturing” en una empresa es importante entender tres aspectos: El cliente, el flujo y el concepto de producción “push” y “pull”. Es trascendental entender que el cliente final es el que decide lo que es importante y qué características son las que le agregan valor al producto final.

Éstas hay que traducirlas en atributos del producto y posteriormente incorporarlas al diseño y proceso de manufactura, de igual manera es importante estudiar todas las fases del proceso de producción, determinar cuáles operaciones son las que le añaden valor al producto y cuáles hay que eliminar o cambiar. Finalmente, siempre hay que tener en mente que para evitar sobreproducción es indispensable que no se haga un producto hasta que el cliente lo demande. (Womack & Jones, 2003)

En la medida en que se eliminan los pasos innecesarios y los flujos de trabajo se adaptan a los pedidos de los clientes, existirá una reducción de esfuerzo y tiempos de trabajo en todas las áreas de la empresa.

De esta forma y mediante la revisión continua de los procesos, ingresa en una espiral de mejora continua, ya que los cambios repercuten en toda la línea de producción.

El objetivo de “Lean Manufacturing” es implementar una doctrina de mejora continua que le permita a las compañías reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. (Womack & Jones, 2003)

Proporciona las herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo costo y en la cantidad requerida. Específicamente, “Lean Manufacturing”: reduce la cadena de desperdicios dramáticamente y el inventario en el piso de producción, crea sistemas de producción más robustos y mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad. (Womack & Jones, 2003)

El soporte a los principios de “Lean Manufacturing”, se lleva a cabo en tres áreas básicas: Gestión, planificación y ejecución, y reducción de actividades sin valor añadido. (Ohno, 2018)

En el área de gestión, analiza todos los procesos y prácticas respecto a una serie de indicadores clave, y establece criterios fundamentales que sirven de punto de partida para medir las mejoras y progresos durante el proceso de implementación.

La posibilidad de replicar actividades repetitivas sin necesidad de emitir órdenes de trabajo para cada una de ellas, o de establecer líneas de producción independientes para cada trabajo, son otras de las ventajas de este sistema que reduce los tiempos muertos entre cada etapa.

Por último, el sistema “Lean” incide con especial interés en la reducción de actividades que no aportan valor añadido e identifica siete tipos de desperdicio. (Ohno, 2018)

- **Sobreproducción:** Producir más de lo que el cliente demanda o hacerlo antes de tiempo.
- **Retrasos:** Por falta de planificación, de comunicación o de tardanza en el suministro de materiales, herramientas, información.
- **Transportes desde o hacia el lugar del proceso:** Los materiales se deberían entregar y almacenar en el punto de fabricación, para evitar traslados innecesarios.
- **Inventarios:** Se deben reducir al mínimo ya que suponen un costo financiero y de almacenamiento.
- **Reprocesos:** Actividades repetidas, o en las cuales no se identifican los requerimientos del cliente.
- **Defectos:** Consumen una parte importante de los recursos para su solución, aumenta los costos y el tiempo de trabajo.
- **Desplazamientos:** Los empleados deben tener a su disposición todas las herramientas y recursos que vayan a necesitar para evitar desplazamientos innecesarios.

La implementación de “Lean Manufacturing” es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que genera son:

1. Reducción en costos de producción.
2. Reducción de inventarios y del tiempo de entrega.
3. Mejor calidad.

4. Menor cantidad de mano de obra.
5. Mayor eficiencia de equipo.
6. Disminución de desperdicios.
7. Evita sobreproducción.
8. Reduce tiempos de espera.
9. Reduce transporte.

Los principios clave de “Lean Manufacturing” son (Womack Jones, 2007):

- Calidad perfecta a la primera – búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas desde su origen.
- Minimización del desperdicio – eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y optimización del uso de los recursos escasos (capital, gente y espacio).
- Mejora continua – reducción de costos, mejora de la calidad y aumento de la productividad.
- Procesos "PULL" – los productos se jalan por el cliente final, no se empujan por la producción.
- Flexibilidad – producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores considerando acuerdos para compartir el riesgo, los costos y la información. (George, 2003).

“Lean Manufacturing”, como se mencionó anteriormente, es una metodología que permite optimizar los recursos de una empresa y lograr hacer más con menos. Provee las estrategias para llevar a cabo una tarea más eficientemente gracias a la continua re evaluación del proceso para convertir el desperdicio en valor usando las distintas herramientas que se muestran a continuación:

Figura N° 2 Herramientas de Lean Manufacturing



Fuente: Elaboración propia en base a revisión bibliográfica (Villaseñor, 2009)

2.3. METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE SMED

El sistema de producción de Toyota está basado en el mejoramiento continuo de sus actividades, sistemas a prueba de errores, los sistemas SMED, altos niveles de estandarización y participación de los trabajadores, pocos inventarios y controles de calidad. Son algunas de las herramientas de Lean Manufacturing, siendo para este proyecto en específico el sistema SMED.

Es un acrónimo en lengua inglesa de “single minute exchange of die” o conocido en español como cambio de herramienta en minutos de un solo dígito. Es un método de reducción del set up en procesos de fabricación.

2.3.1. Fundamentos del SMED

Las operaciones de preparación de máquinas eran realmente de dos tipos fundamentalmente diferentes:

- **Preparación Interna.** - Como montar o desmontar matrices, que pueden realizarse solo cuando una maquina esta parada

- **Preparación externa.** - Como transportar las matrices viejas al almacén, o llevar las nuevas hasta la máquina, que pueden realizarse mientras la máquina está en operación. (Shigeo Shingo, 1993)

Pasos básicos en el procedimiento de preparación:

La distribución de tiempo en operaciones de cambio tradicionales se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 1 Pasos en un proceso de preparación de máquinas

Operación	Proporción de tiempo (%)
Preparación, ajuste post-proceso, y verificación de materiales, herramientas, troqueles, plantillas, calibres, etc.	30
Montar y desmontar herramientas, etc.	5
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones.	15
Producción de piezas de ensayo y ajustes.	50

Fuente: Una revolución en la producción: el sistema SMED (Shigeo Shingo)

2.3.2. Etapas de la metodología SMED

La metodología se divide en cuatro etapas:

2.3.2.1. Etapa preliminar: (No se distinguen las preparaciones internas y externas)

En las operaciones de preparaciones tradicionales, se confunde la preparación interna (en la que las operaciones deben realizar con la máquina parada); con la externa (en la que las operaciones se pueden realizar con la máquina funcionando), y lo que puede realizarse externamente se hace internamente, lo que trae como consecuencia que las máquinas estén paradas durante grandes períodos de tiempo. Al planificar cómo llevar a la práctica el sistema SMED, se deben estudiar en detalles las condiciones reales de la fábrica.

2.3.2.2. Primera etapa: Separación de la preparación interna y externa

El paso más importante de la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y externa. La preparación de piezas, el mantenimiento de herramientas y ciertas operaciones, no se deben hacer mientras la máquina está parada. Si se hace un esfuerzo para que la mayor parte de las operaciones se conviertan en actividades externas, y el tiempo necesario para la preparación interna sea realizado mientras la máquina no funciona, esto reducirá sustancialmente entre un 30 y 50 por ciento del tiempo. El conocer la diferencia entre preparación interna y externa es la clave para alcanzar el SMED.

2.3.2.3. Segunda etapa: Conversión de la preparación interna a externa

Se ha comentado anteriormente que los períodos de preparación se pueden reducir entre un 30 % y un 50 % simplemente separando los procesos de preparación interna y externa, sin embargo, no es suficiente para alcanzar los objetivos SMED.

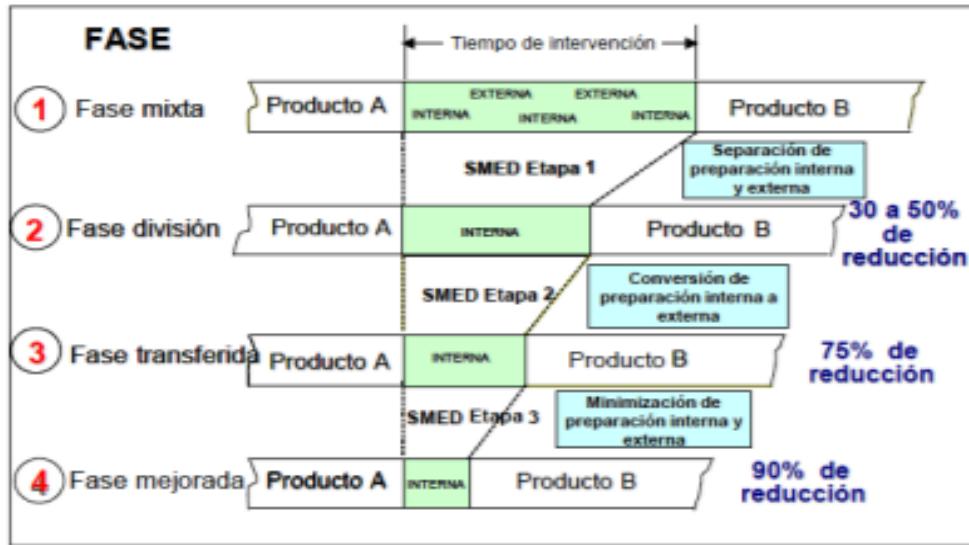
La segunda etapa comprende dos conceptos importantes:

- Reevaluar las operaciones, para identificar si algunos pasos están considerados erróneamente como internos.
- Buscar formas para convertir esos pasos internos en externos.

2.3.2.4. Tercera etapa: Perfeccionamiento de todos los aspectos de la operación de preparación

Aunque el nivel de los diez minutos se puede alcanzar algunas veces, simplemente convirtiendo la preparación interna en externa, no es así en la mayoría de los casos. Esta es la razón por la que se deben concentrar esfuerzos para perfeccionar todas y cada una de las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa. Consecuentemente, la tercera etapa necesitará un análisis detallado de cada operación. (Villaseñor, 2009)

Figura N° 3 Esquema fases aplicación SMED



Fuente: *Una revolución en la producción: el sistema SMED (Shigeo Shingo)*

2.3.3. Beneficios del SMED

La implementación del SMED tiene como principales beneficios:

- Disminución en tiempo por cambio de herramienta.
- Maximiza la capacidad y flexibilidad productiva.
- Procesos de adaptación rápida a la demanda cambiante.
- Reducción de costos de producción.

2.3.4. Algunos conceptos

Enseguida se hace referencia a tres elementos que servirán para mejorar la comprensión de lo aquí expuesto: El primero es una breve alusión a la metodología 5'S, el segundo es el concepto de rectificado, y el tercero se refiere específicamente al rectificado cilíndrico interior.

2.3.4.1. Metodología 5'S

Las 5'S son una metodología relacionada con la calidad total: constituye una filosofía para organizar el trabajo y de esta manera conservar limpias y organizadas las áreas de la

empresa y minimizar el desperdicio, lo que incide favorablemente en la productividad y la seguridad, y con esto proporciona las bases de la mejora continua. Para realizar la metodología de las 5'S se requiere establecer compromisos y capacitación a largo plazo en toda la organización, para obtener la disposición de todos los colaboradores y colaboradoras, conocer cada una de las S, así como sus beneficios, y comprometerse con el proceso de implementación.

2.3.4.2. Rectificado

Operación realizada en piezas que requieren medidas y tolerancias exactas, ya sea dimensionales (diametral, longitudinal o angular), geométricas (concentricidad, paralelismo, perpendicularidad, etc.) o de acabado superficial (rugosidad, dirección del rayado). Para este proceso es requerida una herramienta rectificadora, que es una máquina provista de una muela (constituida por elementos de elevada dureza) usada para corregir la deformación y/o desviación de una pieza.

2.3.4.3. Rectificado cilíndrico interior

El rectificado se realiza en el interior de una pieza. La muela abrasiva es siempre menor que el ancho de la pieza. Un anillo metálico sostiene a la pieza, imprimiéndole el movimiento, como se observa en la Figura N° 5.

2.4. CARACTERISTICAS DEL ENVASE DE VIDRIO

Cada tipo de envase cuenta con características especificadas a continuación.

2.4.1. Envase de vidrio

Los envases industriales de vidrio, son uno de los empaques de uso más común alrededor de todo el mundo en la industria alimentaria que sirven para envasar productos líquidos y hasta sólidos debido a sus diversas presentaciones en cuanto a diseño y color. (Ramos Reyes, 2017). El envase de vidrio se ha vuelto uno de los preferidos por los consumidores por sus atributos:

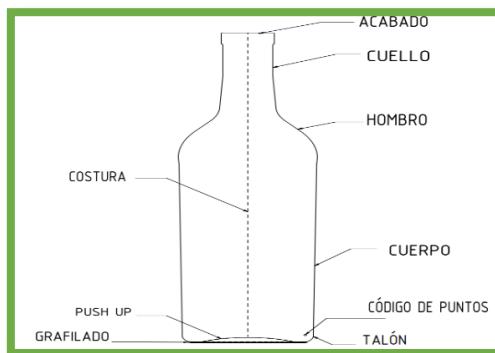
- Puro.

- Conserva el sabor.
- Sustentable.
- Transparente.
- Seguro.
- Versátil.
- Imagen de calidad de excelencia.

2.4.2. Partes principales de un envase de vidrio

Las partes de un envase de vidrio que maneja la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL son los siguientes:

Figura N° 4 Partes principales de un envase de vidrio



Fuente: Ficha técnica (Producto: Vino Estándar 700) de la fábrica ENVIBOL

2.4.3. Características técnicas del envase

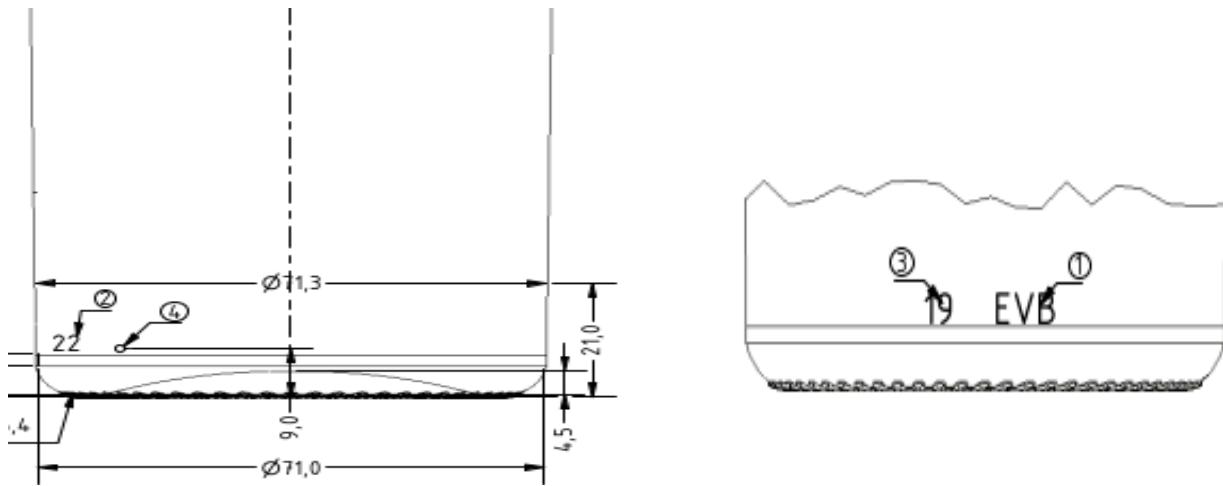
Los envases de vidrio cuentan con su ficha técnica donde constan las especificaciones técnicas requeridas por el cliente para su fabricación en el cual se especifican las siguientes características:

- Diámetros interno y externo del acabado (mm).
- Diámetro cuerpo (mm).
- Altura máxima, nominal y mínima del envase (mm).
- Peso (gramos).

- Capacidad (mL).
- Color.

La base de los envases debe contar con una serie de referencias que se detallan a continuación:

Figura N° 5 Partes técnicas de un envase de vidrio



Fuente: Ficha técnica (Producto: Vino Estándar 700) de la fábrica ENVIBOL

Tabla N° 2 Detalles de un envase de vidrio

Detalles del envase	
Nro.	Dato
1	Siglas ENVIBOL
2	Numero de molde
3	Año de fabricación
4	Código de puntos

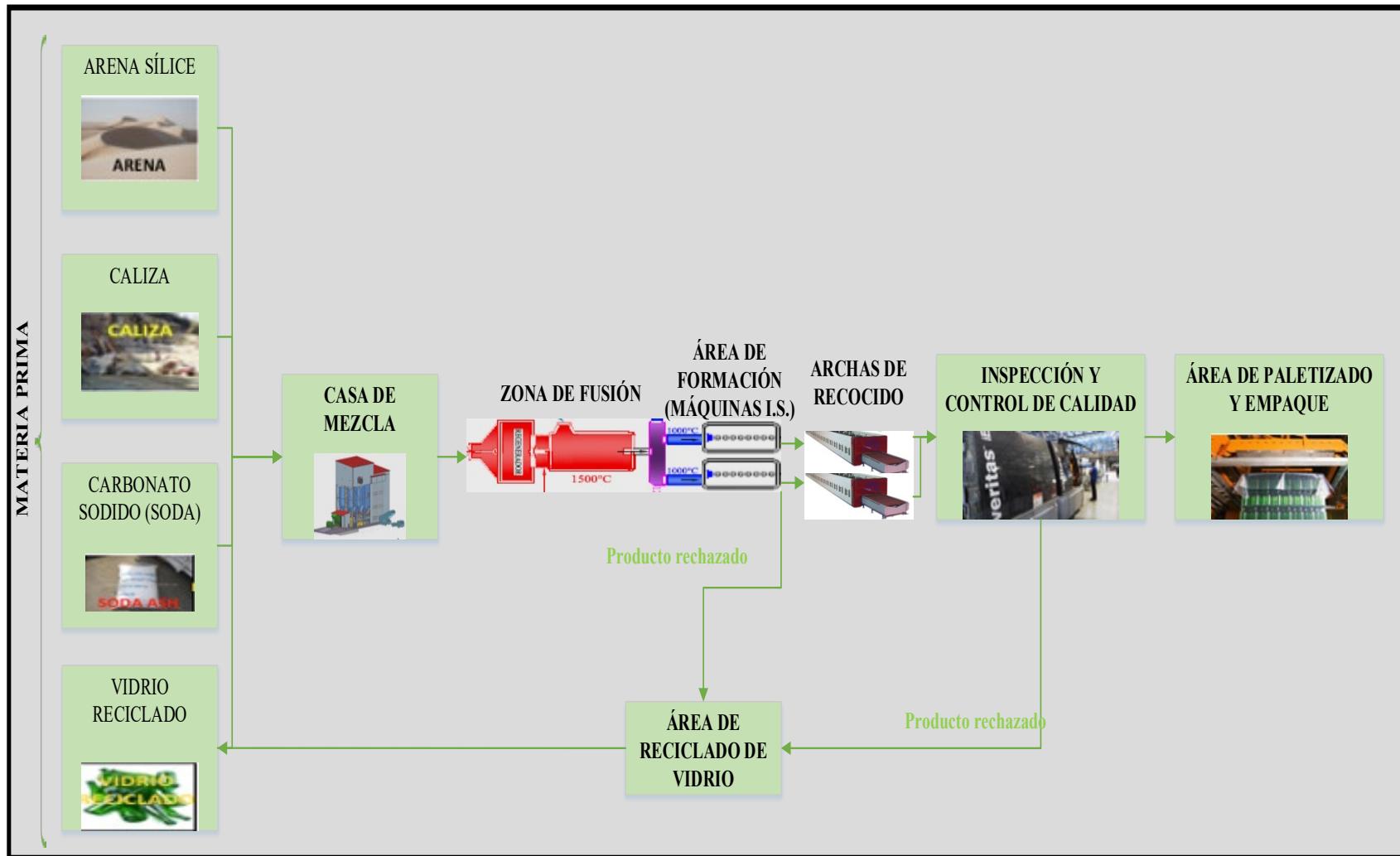
Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica ENVIBOL

2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES DE VIDRIO

El proceso de producción que sostiene la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL empieza por una adecuada selección de las materias primas, mezcla correcta de los diferentes componentes (mezcladora) que incluye arena, caliza, carbonato de sodio, vidrio reciclado y productos químicos según formula, proceso de fusión, formación de gota, preparación de moldería, distribución a máquina I.S., formación de envases, control de calidad de producto en caliente, tratamiento en caliente, proceso de ordenamiento molecular (archas), tratamiento en frío, equipos de inspección electrónica, muestreo de laboratorio (control de calidad), inspección visual, decorado (opcional), empaque en paletizador y almacenamiento.

El proceso de producción de envases de vidrio para el sector industrial en general puede contemplar una serie de pasos sistematizados que se describirá a continuación según las etapas o pasos que se requieren llevar a cabo para transformar las materias primas a su producto final que es el envase.

Figura N° 6 Diagrama del proceso de producción de envases de vidrio



Fuente: *Elaboración propia (2021)*

2.5.1. Recepción de la materia prima

La operación esencial en esta etapa es la realización de los análisis físicos y químicos realizados a la materia prima, los cuales verifican el cumplimiento de las especificaciones.

Primero se debe cumplir con el requisito de la granulometría, es decir, el tamaño de los granos de cada material, el cual, debe estar entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de milímetros.

Las materias primas fundamentales en la fabricación de envases de vidrio son:

- Arena
- Caliza
- Soda
- Vidrio reciclado

Dependiendo del color de vidrio a producir existen productos químicos complementarios, que son de menor cuantía en términos relativos y en general, de fácil obtención en cualquier mercado. La calidad de las materias primas es fundamental para lo cual se debe tener en cuenta:

Arena: Alto contenido de sílice. No alejarse demasiado del 95 %, si no existe esta posibilidad, contemplar arenas superiores a un 90 % en cuanto a SiO_2 se refiere. Bajo contenido de hierro (sobre todo si se producirá vidrio incoloro). Otras precauciones respecto de la arena son:

- Verificar al ingreso del camión a planta, el peso del mismo (pasa por balanza con carga y sin ella).
- Verificar los niveles de humedad de la arena que proveen.
- Verificar que no existan piedras.
- Verificar que no existan otros elementos contaminantes (basura, metales, maderas, u cualquier elemento extraño).

Para cada uno de los insumos principales, se debe operar en condiciones similares a las descritas para la arena. Verificación de cantidad, de calidad y de composición química.

Las materias primas de menor peso relativo son insumos adicionales, fundamentalmente para coloración y estabilización del producto.

Dependiendo del tipo de vidrio a producir y del color del mismo, se requieren de productos químicos especificados en la siguiente tabla:

Tabla N° 3 Especificaciones de componentes menores

Producto	Fórmula química
Alúmina calcinada	Al_2O_3
Sulfato de cromo (cromita)	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
Carbón	C
Sulfato de sodio	Na_2SO_4
Oxido de cobalto	CoO
Nitrato de sodio	NaNO_3
Bicromato	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
Óxido de hierro	Fe_2O_3

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica ENVIBOL

2.5.2. Preparación de Mezclas (Composición)

La preparación de la mezcla se puede dividir en cuatro partes:

- Almacenamiento:** Consiste en ubicar las distintas materias primas en diferentes sitios de almacenamiento en donde permanecerán hasta su utilización.
- Pesaje:** Siguiendo la formulación previamente establecida se pesa cada uno de los componentes mediante mecanismos automáticos y en las proporciones determinadas.
- Mezclado:** Luego de ser pesadas cada una de las materias primas, son enviadas a las mezcladoras en donde, por un tiempo previamente establecido y con una adición específica de agua, los componentes son mezclados totalmente.

4. Transporte: Finalmente la mezcla es enviada por medio de elevadores y transportadores hasta los silos donde queda finalmente lista para ser cargada al horno.

Adicionalmente, se prepara el “cajón” de componentes menores. Estos representan entre el 1 y el 2 % del peso total de cada composición.

Una composición es el conjunto de materias primas que integran una “receta” de ingredientes a mezclar, para luego ser transportados hacia el horno de fusión. (Fábrica de envases de vidrio de Bolivia ENVIBOL)

Tabla N° 4 Ejemplo de Composición

Concepto	Carga	Carga menos merma (si corresponde)	Porcentaje	Coeficiente de merma	% de peso en vidrio procesado	Materia prima por tonelada de vidrio producido
Unidad	(Kg)	(Kg)	%		%	%
Arena tratada	339,00	335,61	9,00	1,01	42,80	43,23
Arena común	0,00	0	0,00		0,00	0,00
Carbonato de sodio (ceniza de soda densa)	105,00	61,43	33,98	1,71	7,80	13,34
Caliza bajo Fe	112,00	65,13	7,40	1,72	8,31	14,28
Caliza Lavalleja	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00
Alúmina Calcinada	1,20	1,2	0,89	1,00	0,1	0,15
Cromita	0,00	0	0,00		0,00	0,00
Carbón	0,00	0	0,00		0,00	0,00
Sulfato de sodio	2,80	0,00	0,70	2.500,00	0,00	0,36
Oxido de cobalto	0,0012	0,00	32,40	1,11		0,00
Nitrato de sodio	2,10	0,76	2,61	2,75	0,10	0,27
Bicromato	0,00	0	0,00		0,0	0,00
Óxido de hierro	0,00	0	0,00		0,00	0,00
Sub total	562,10	464,13	0,00	1,21	59,19	71,68
Vidrio Roto	320,00	320,00	13,01	1,00	40,81	40,81
Vidrio procesado	882,10	784,128085	100,00		100,00	

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica ENVIBOL

Las cantidades explicitadas son indicativas. Pueden variar en función del tipo de envases de vidrio a producir.

2.5.3. Fusión de la mezcla y refinación del vidrio

El horno es el sitio donde se lleva a cabo la fusión de las materias primas. Consiste en un recipiente rectangular construido con materiales refractarios resistentes al desgaste producido por el vidrio líquido y las llamas.

El horno utiliza como combustible el GLP para producir el calor en la superficie, por medio de dos quemadores, los cuales funcionan alternadamente. Adicionalmente, para obtener mayor productividad de fusión se incorporan electrodos en el fondo de la cuba, de modo de conseguir sobrealimentación eléctrica en el proceso de fusión. Este horno debe alcanzar temperaturas entre 1.520 y 1.550 °C, dependiendo del vidrio que se deseé producir. Por uno de sus extremos se carga la mezcla, mientras que por el otro se extrae el vidrio fundido. Posteriormente hay una entrada de aire de 1.000 °C, con el fin de enfriar el vidrio que se encuentra dentro del horno. Los gases producidos por el horno son expulsados por los regeneradores.

El primer proceso que se identifica claramente en el horno es el de fusión; aquí todas las materias primas no son propiamente fundidas, sino que al suministrarles calor primero se descomponen y después reaccionan; así pues los componentes que poseen menor punto de fusión se fusionan más rápido que los que tienen mayor punto de fusión (para la sílice es mayor de 1.500 °C, y para el vidrio reutilizado entre 1.050 y 1.100 °C); a medida que va aumentando la temperatura estos últimos también se funden y desaparecen como materiales cristalinos.

A continuación, se realiza el proceso de refinación, en el cual se eliminan las semillas; este proceso empieza casi simultáneamente con el proceso de fusión y continúa hasta que la mezcla de materias primas esté completamente líquida.

Luego el vidrio fundido pasa a un segundo tanque o bahía, llamado tanque de refinación, donde se intenta igualar la temperatura del vidrio en toda su extensión, para posteriormente repartirlo a las máquinas formadoras por medio de los canales.

2.5.4. Acondicionamiento del vidrio

El canal es el encargado de enviar el vidrio desde el horno hasta el lugar donde están las máquinas formadoras de envases. Durante este trayecto se disminuye la temperatura del vidrio gradualmente (con lo cual aumenta su viscosidad), de tal manera que al final del canal se obtenga el vidrio en un estado en el que se pueda modelar, correspondiendo a una cierta temperatura para fabricar una botella determinada.

Se denomina acondicionar el vidrio al hecho de controlar la temperatura en el flujo del vidrio que está dentro de la canal desde refinación hasta el orificio refractario y se forme la gota.

La homogeneidad de la mezcla del vidrio se mide revisando las temperaturas existentes desde el fondo hasta la superficie y de lado a lado a la entrada del tazón; estas temperaturas afectan directamente la distribución del vidrio en la botella, la forma de la gota, y su cargue en la máquina, por esto una falla en esta parte del proceso puede resultar en la formación de envases deformes, con una masa mal distribuida y, por lo tanto, más frágiles. Para obtener una temperatura uniforme en el vidrio se deben tener en cuenta las pérdidas de calor existentes a través del techo, las paredes y el piso del canal, así como el calor suministrado por los quemadores. Igualmente, para acondicionar el vidrio, es necesario tener en cuenta el color del vidrio, la cantidad de vidrio que extrae cada máquina, la forma del envase, la cantidad de aire disponible para enfriar el equipo de moldura de la máquina y la velocidad de fabricación de la máquina.

2.5.5. Formación de gota

Al final de los canales, el vidrio llega al feeder. Este dispositivo cuenta con un gran tazón y un orificio de salida en su parte inferior. Este orificio es regulado a través de otro dispositivo llamado tubo refractario que permite pasar una mayor o menor cantidad de vidrio, según el envase a producir.

El flujo continuo de vidrio sale a través de este dispositivo, es cortado por tijeras que operan siempre a la misma velocidad, la cual es regulada por el especialista a través de un control electrónico. Los especialistas “arman la gota”, para que todos los cortes generen una cantidad igual de vidrio, de modo que puedan producirse los envases que se planificaron.

2.5.6. Proceso de formación

Este proceso cuenta con máquinas de formación llamadas I.S. (por individual section – secciones individuales), por cada línea se tienen 10 secciones. Estas máquinas pueden producir en simple gota (10 envases) o en doble gota (20 envases), dependiendo el peso del envase a producir y funcionan a velocidades variables, dependiendo del peso de la botella que deban producir. Cuanto más pesada menor velocidad.

Existen tres tecnologías diferentes para producir envases de vidrio en máquinas I.S. que son explicados a continuación.

2.5.6.1. Proceso soplo-soplo (la máquina sopla en el premolde y sopla en el molde)

Es un proceso por el cual el palezón se forma a través de aire comprimido, en primer lugar, el soplo de asentamiento empuja al vidrio hacia la parte inferior formando el terminado, posteriormente las agujas inyectan aire comprimido formando el palezón, este palezón es invertido hacia el lado molde donde al ser soplado nuevamente toma su forma final.

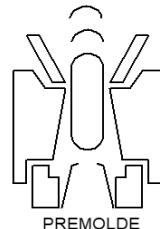
El proceso soplo-soplo es utilizado para fabricar envases con boca angosta. Las velas de vidrio caen por gravedad a través del llamado equipo de entrega. Este es un mecanismo que controla el tamaño y peso de cada gota de vidrio, pues cuenta con unas tijeras automáticas que hacen el corte conveniente para lograr cargas de tamaño uniforme.

Estas cargas o velas se deslizan libremente hacia el pre molde que hay en cada sección de la máquina I.S. El mecanismo cuenta con un embudo, cuyo trabajo consiste en asegurar la caída de la carga de vidrio en la posición correcta.

Lo primero que se forma es la corona del envase en el pre molde y luego se aplica el

primer soplo de vela al envase preformado que hasta este momento está de cabeza. (ver el siguiente dibujo)

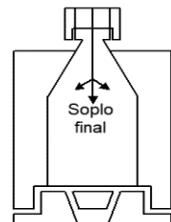
Figura N° 7 Premolde



Fuente: *Proceso de fabricación de envases de vidrio, VIDRIERA CENTROAMERICANA S.A.*

Después mediante la acción de un mecanismo de inversión la preforma, ya con la corona hacia arriba, se pasa al lado molde donde recibe el soplo final que le da la forma definitiva a la botella (ver siguiente dibujo).

Figura N° 8 Soplo



Fuente: *Proceso de fabricación de envases de vidrio, VIDRIERA CENTROAMERICANA S.A.*

El envase es empujado hacia la banda acarreadora, que lo lleva hasta el archa de recocido para ser enfriado de manera gradual, esto para evitar el choque térmico. (Proceso de fabricación de envases de vidrio, VIDRIERA CENTROAMERICANA S.A.)

2.5.6.2. Proceso prensa y soplado (La máquina prensa para hacer la boca y sopla para terminar el cuerpo)

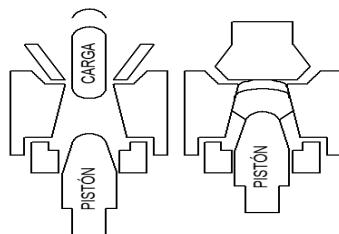
En primer lugar, al cargar la gota en el premolde este se cierra y el baffle sella la cavidad en ese momento el macho sube y prensa el vidrio, a diferencia del proceso Soplo y Soplo en el que lo que primero se forma es el terminado, en el prensado lo último que se forma es el terminado y lo hace con el vidrio que es desplazado de la cavidad del premolde.

La máquina prensa para hacer la boca y sopla para terminar el cuerpo. Es el proceso para hacer tarros. (Fábrica de envases de vidrio de Bolivia ENVIBOL)

El proceso Prensa-Soplo es el utilizado para confeccionar envases con boca ancha que son los que tienen en su corona un diámetro interior de 40 hasta 120 milímetros:

En este proceso la carga adopta primeramente la forma del pre molde al ser sometida a la presión de un pistón. El pistón sube y expande la carga contra las paredes del pre molde, sin necesidad de aplicar el soplo inicial. Una vez que se ha preformado el envase, éste se invierte y pasa al molde para recibir el soplo final. (ver siguiente dibujo). (Proceso de fabricación de envases de vidrio, VIDRIERA CENTROAMERICANA S.A.)

Figura N° 9 Prensa/soplo



Fuente: Proceso de fabricación de envases de vidrio, VIDRIERA CENTROAMERICANA S.A.

2.5.6.3. Proceso NNPB (Prensa soplo boca estrecha)

Es un prensado para envases con terminados menores de 38mm, desarrollado para aprovechar las ventajas del prensado y soplado en lo que respecta a distribución de vidrio y aprovecharlo para la disminución de peso en los envases con terminados pequeños, con esto se obtiene una gran disminución de peso en los envases de alrededor del 25 %.

La máquina prensa en el premolde y sopla en el molde. Es la tecnología más moderna, se aplica a botellas con terminados menores a 38 mm y su peso baja hasta más del 20 %. La clave es la mejor distribución del vidrio. (Fábrica de envases de vidrio de Bolivia ENVIBOL)

Este proceso se da cuando el pre molde está cerrado y espera a la entrada del vidrio y luego completa el cierre con la bajada de la tapa, luego sube el macho prensando al vidrio, luego

este es llevado por el mecanismo de inversión hacia el lado molde para terminar de formarse por completo el envase, luego la botella es retirada del molde por un brazo neumático de pinzas y puesta sobre las placas de enfriamiento mediante un mecanismo barredor que se encarga de colocarlas en el transportador, quien los llevara hacia el archa de recocido.

2.5.7. Recocido del envase

Cuando se termina el formado del envase, el vidrio se enfria muy rápido, creándose una gran cantidad de esfuerzos internos, que debilitan el envase. El archa de recocido es la encargada de aliviar esas tensiones.

El envase ya formado llega a una temperatura de unos 550 °C aproximadamente a una cinta transportadora que las va alineando para su ingreso al horno de recocido (archa), en el cual va disminuyendo lenta y controladamente la temperatura, teniendo como base una curva de temperatura que garantiza alivio de tensiones y el surgimiento de nuevos esfuerzos en el envase. Previo a su ingreso en el horno de recocido se realiza un tratamiento en caliente, para mejorar la resistencia de estos.

2.5.8. Tratamiento

Según vayan recorriendo los envases por el horno de recocido (archa), llegan hacia un equipo electromecánico, el cual realizará un tratamiento de lubricación de estos envases por la parte del hombro para evitar ralladuras en los transportadores.

2.5.9. Inspección del envase formado

Una vez que los envases han recibido el tratamiento en frío son conducidos por medio de bandas transportadoras hacia una zona de revisión. Hay tres tipos de inspecciones que se explicarán a continuación.

2.5.9.1. Inspección automática

Compuesta por una gran cantidad de dispositivos automáticos, dotados de sistemas capaces de detectar defectos provenientes de la formación de la botella; ahí se retiran de la línea de producción todas aquellas botellas que tengan defectos de forma y/o dimensionales, grietas, arrugas, distribución irregular del vidrio en las paredes del envase y resistencia, entre otros, garantizando así que la producción que se enviará al cliente sea de excelente calidad.

2.5.9.2. Control de calidad en laboratorio

Las inspecciones de laboratorio están orientadas a analizar aspectos que no hubieran sido detectados por las inspecciones automáticas como ser: Control de peso, verticalidad, capacidad, choque térmico, color, distribución de vidrio, resistencia, piedras (si las hubiere) y otros que pudieran detectarse.

2.5.9.3. Inspección visual

Las inspecciones visuales, se ejecutan por un visor acondicionando a tales efectos, en la línea de producción. El revisor analiza todas las unidades producidas post inspección automática y de laboratorio.

2.5.10. Paletizado y empaque

El empaque se realiza en paletizadores automáticos o semi automáticos, cuando los productos son liberados como producto conforme.

La cantidad de botellas por pallet es proveída también en un plano por el cliente. Es imprescindible respetarlo, porque sus despaletizadores están programados para la cantidad indicada en el plano.

Cada pallet es debidamente identificado por control de calidad, con número de pallet, número de lote, día de producción, turno que lo produjo, código de producto, cantidad de unidades por pallet, cliente para el cual fué fabricado, etc.

Los pallets son retirados y debidamente almacenados en el área que la división logística haya definido a esos efectos.

2.5.11. Almacenamiento

Es la etapa final de todo el proceso productivo, luego de haber sido empacados, estos son transportados a la zona de almacenamiento en donde quedan listos para ser despachados al cliente.

El almacenamiento de productos terminados debe considerar en primer lugar dónde se dispondrán los productos.

DIAGNÓSTICO CONTEXTUAL DE LA EMPRESA

3.1. LA EMPRESA

La planta industrial de ENVIBOL, construida en abril de 2015, está ubicada en el municipio de Zudáñez, a una altitud de 2.473 metros sobre el nivel del mar, distante a 105 kilómetros de la ciudad de Sucre por la carretera asfaltada Ruta 6, Diagonal Jaime Mendoza.

En junio de 2016 se iniciaron las actividades para la construcción de la planta, provisión de maquinarias, acondicionamiento de los predios, e instalación de la infraestructura. Los componentes industriales son de última generación de tecnología europea especializada en la industria del vidrio.

ENVIBOL produce envases de vidrio en colores transparente, verde y ámbar, los mismos que tendrán un acabado de calidad en prestación, durabilidad y garantía requeridas, tomando en cuenta la tecnología de la fábrica en todos sus componentes que van desde la mezcladora, el horno de fusión, los moldes, formación de los envases, las cámaras de inspección, el decorado y el envasado para la distribución.

3.1.1. Misión

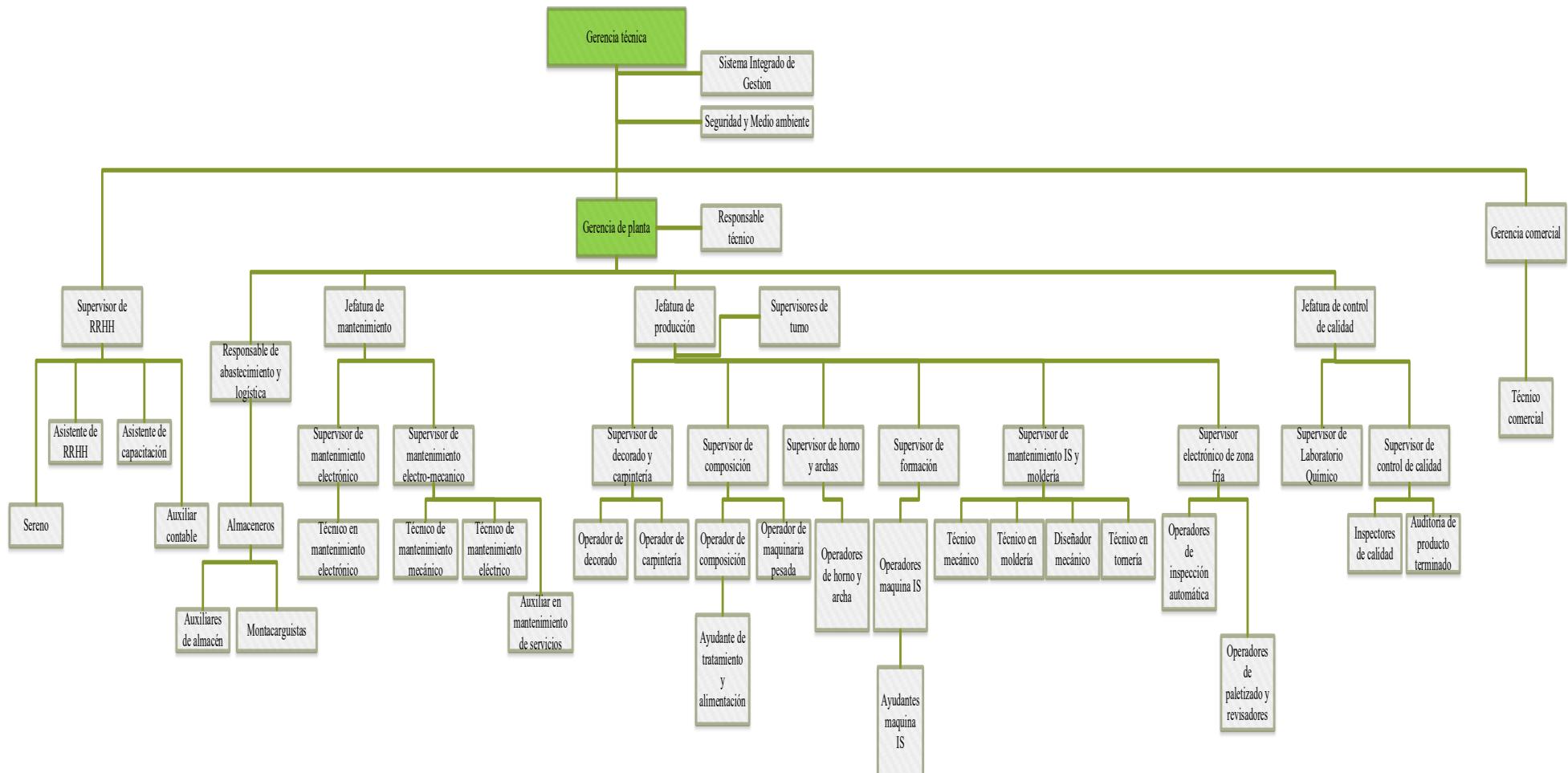
Fabricar y comercializar envases de vidrio de calidad, para satisfacer a clientes nacionales e internacionales, siendo referentes de excelencia, correspondiendo a los trabajadores, al estado, comunidad y medio ambiente.

3.1.2. Visión

Ser una empresa líder en el mercado de fabricación de envases de vidrio, ofreciendo soluciones integrales de calidad y en armonía con la Madre Tierra.

3.1.3. Organigrama

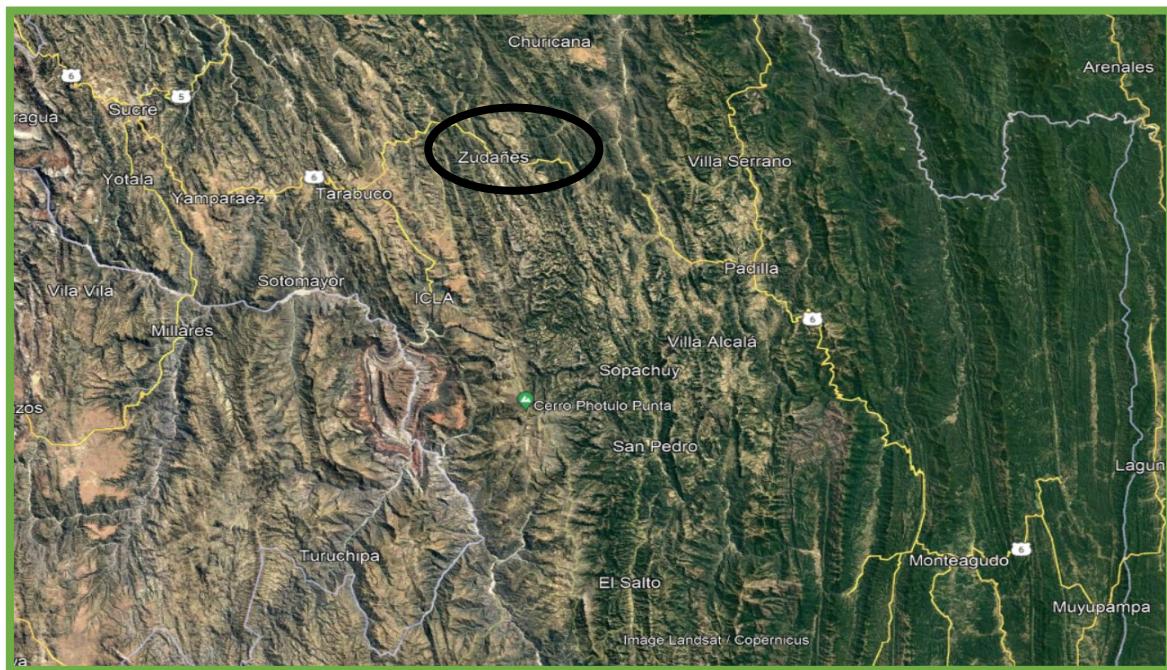
Figura N° 10 Organigrama de planta ENVIBOL



Fuente: ENVIBOL 2019

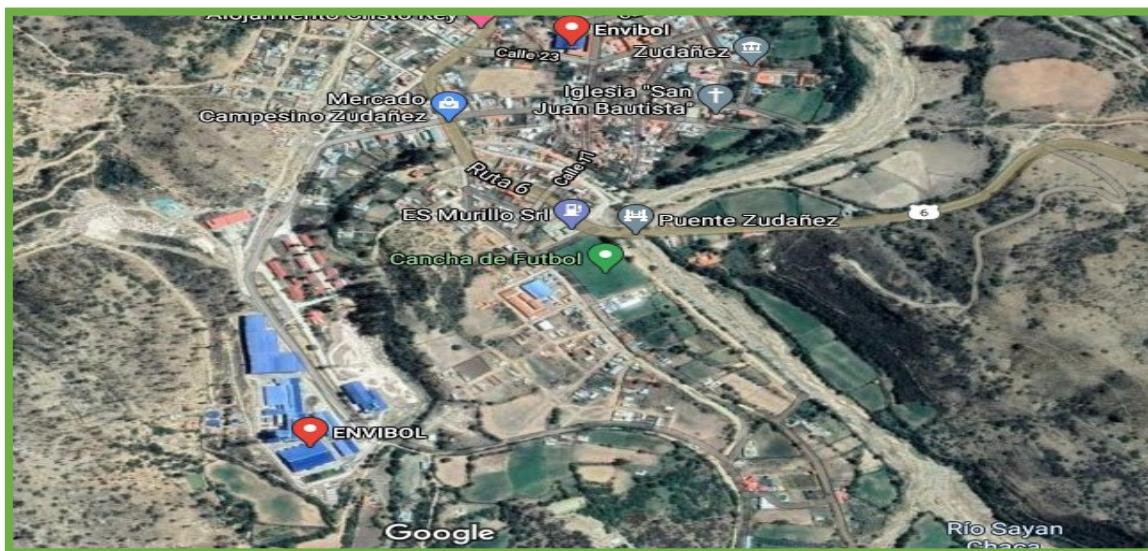
3.2. LOCALIZACION DE LA PLANTA

Figura N° 11 Macro Localización de la planta



Fuente: Google Earth (2021)

Figura N° 12 Micro localización de la planta



Fuente: Google Maps (2021)



Fuente: Google Maps (2021)

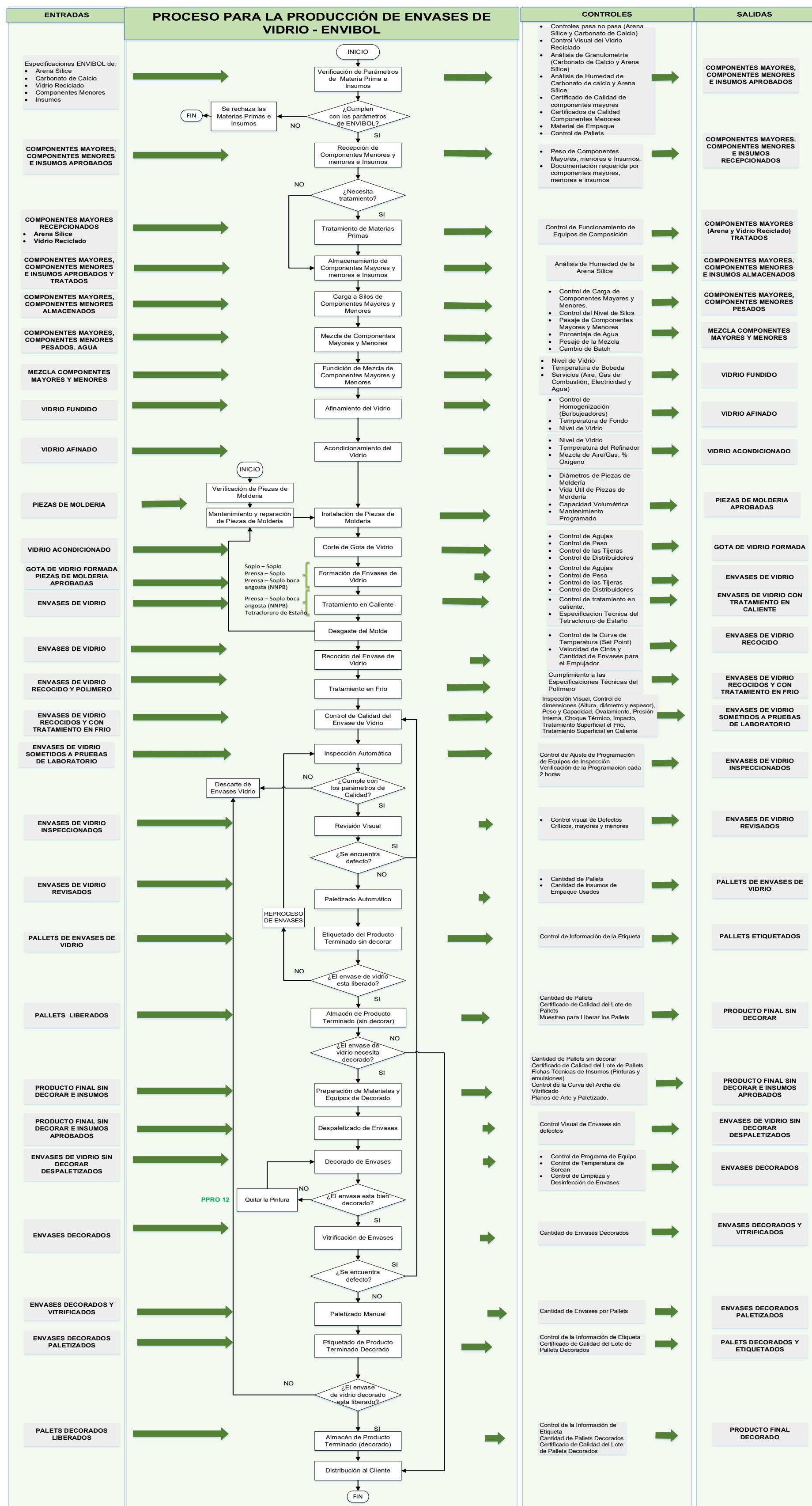
3.3. PRODUCCIÓN

Es una empresa dedicada a la producción de envases de vidrio para el abastecimiento, tanto del mercado local como internacional, de acuerdo con los estándares internacionales de calidad e inocuidad alimentaria. Entre sus principales productos se encuentran:

- Botellas personales retornables y no retornables de 190 a 350 mL de capacidad (180 a 300 g).
- Botellas retornables de 600 a 1.500 mL de capacidad (500 a 1.500 g).
- Colores: Ámbar, verde, incoloro y otros que el cliente solicite.

3.3.1. Diagrama de producción

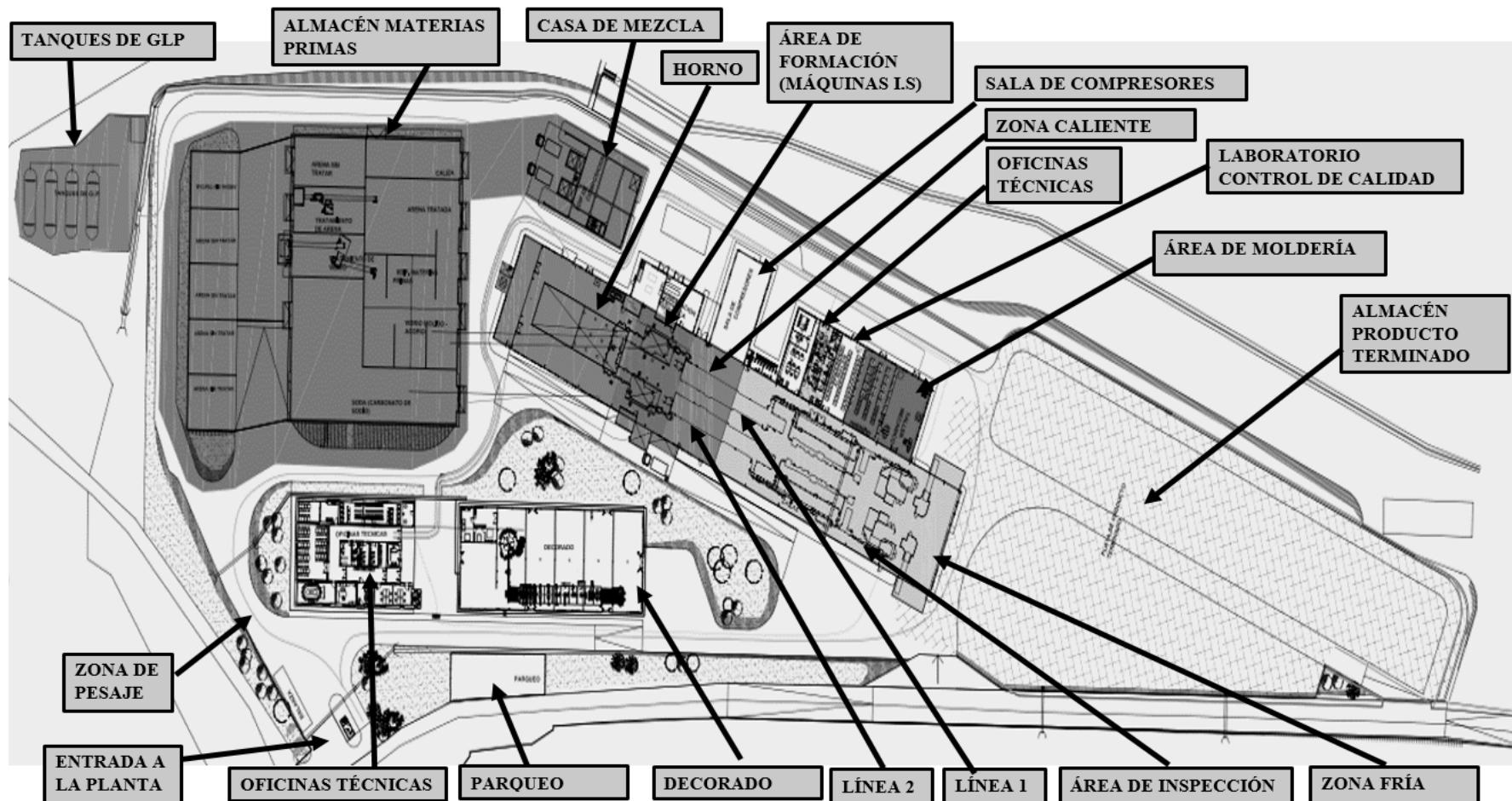
Figura N° 13 Diagrama de proceso de producción



Fuente: ENVIBOL (2019)

3.3.2. Layout de la planta

Figura N° 14 Layout de la planta



Fuente: BERKES, Zudañez Sucre, Planta de Envases de Vidrio ENVIBOL Imagen 20 de 22 url: <http://www.copaingenieria.com/Copa3/GaleriaIndustrial/index.html>

3.4. SITUACIÓN ACTUAL PROCESO DE PRODUCCIÓN

La situación actual de la empresa en cuanto a producción de envases de vidrio es que la misma cuenta un sistema automatizado para la producción de diferentes productos en la cual existen ciertas deficiencias al realizar el cambio de producto el mismo que implica el cambio de moldería, en el proceso principal de formación de envases que pasan al archa de recocido, esta eficiencia es un indicador para determinar la calidad de las calibraciones mecánicas y electromecánicas mismas que retrasan los procesos productivos generando cuellos de botella y la paralización de la planta.

3.4.1. Diagnóstico proceso de producción de envases

El diagnóstico tiene por objetivo la identificación de posibles problemáticas existentes en el proceso de producción con la finalidad de incrementar la eficiencia para toda la cadena de producción y en la gestión de la documentación técnica generada.

Cuadro N° 3: Evaluación eficiencias y deficiencias en las etapas del proceso de producción

Nº	Proceso		E	D	Descripción
1	Recepción de la materia prima		X		Las cantidades explicitadas son indicativas. Pueden variar en función del tipo de envases de vidrio a producir.
2	Preparación de Mezclas	Pesaje:	X		
		Mezclado:	X		
		Transporte:	X		
3	Fusión de la mezcla y refinación del vidrio		X		Condiciones de mezcla y refinación son en función al trabajo y las variables del horno mediante JPR-RGT-023 “Registro Check List de Control de Variables de Horno”.
4	Acondicionamiento del vidrio		X		Gráfica de control de valor individual dato tomado esta dentro de los límites de control establecido del horno. Si se observa desviación de datos mayor de +/- 6.5 °C con respecto al set point.
5	Formación de gota		X		
6	Proceso de formación	Proceso soplo-soplo	X		Cuellos de botella en el proceso de formación de envases en maquina formadora IS.
		Proceso prensa y soplo	X		
		Proceso NNPB.	X		
		Cambio de producto o de moldería	X		La deficiencia identificada en el cambio de producto que implica el cambio de moldería, cambios de moldería, además de los defectos detectados que retrasa los tiempos de producción generando pallets retenidos en producto final.
		Defectos en moldería.	X		
		Numero de Pallets retenidos	X		
7	Recocido del envase		X		
8	Tratamiento		X		
9	Inspección del envase formado		X		Protocolos de operación normal del producto final.
10	Paletizado y empaque		X		
11	Almacenamiento		X		

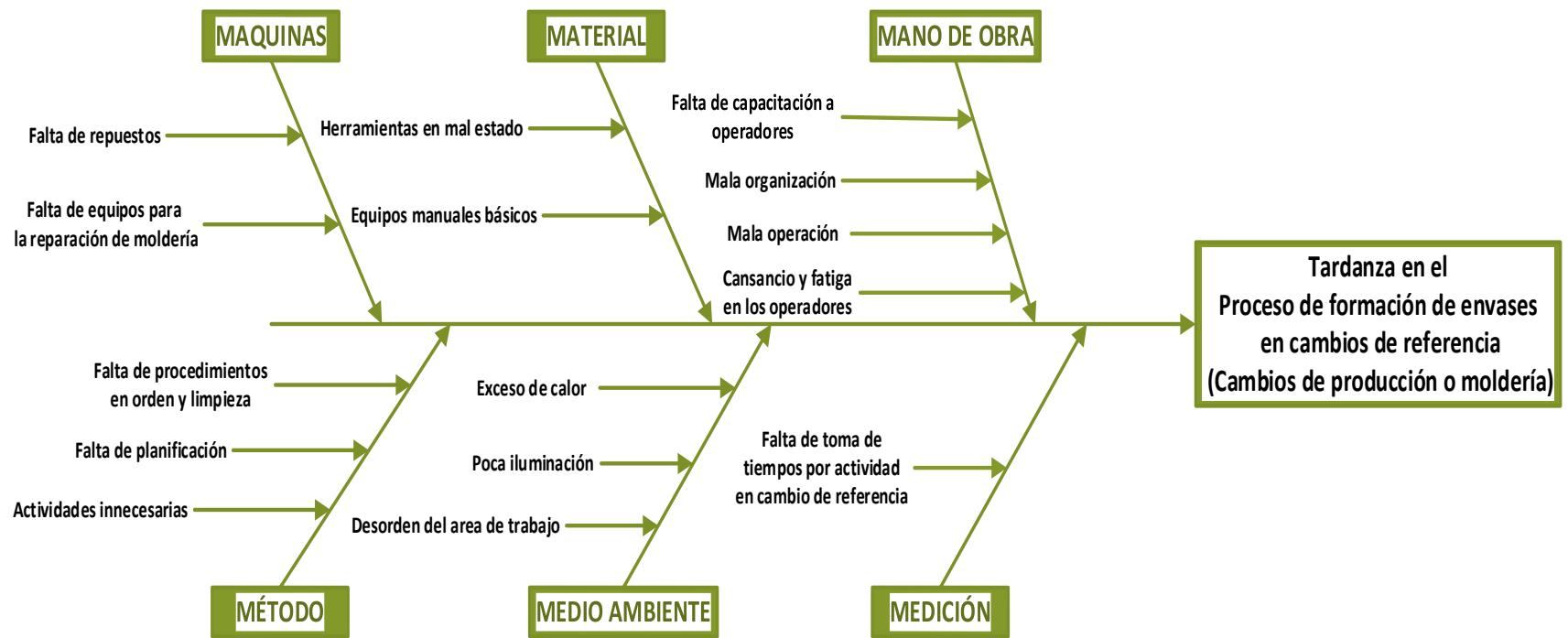
Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Según el cuadro anterior y realizada la evaluación a través del Checklist se puede observar que se encuentran deficiencias en el proceso de formación de envases en la máquina IS. En el mismo como deficiencia principal son los cambios de moldería que se realiza también al momento de realizar un cambio de producción, que generan demoras provocando que las máquinas paralicen y no se llegue a cumplir con la planificación de actividades programadas.

3.4.2. Diagrama causa-efecto

Conociendo los tipos de cambios que se realizan en el proceso productivo de formación de envases que generan tiempos improductivos a causa de las demoras y a su vez teniendo el conocimiento del proceso, conoceremos cuales son las causas que generan estas demoras.

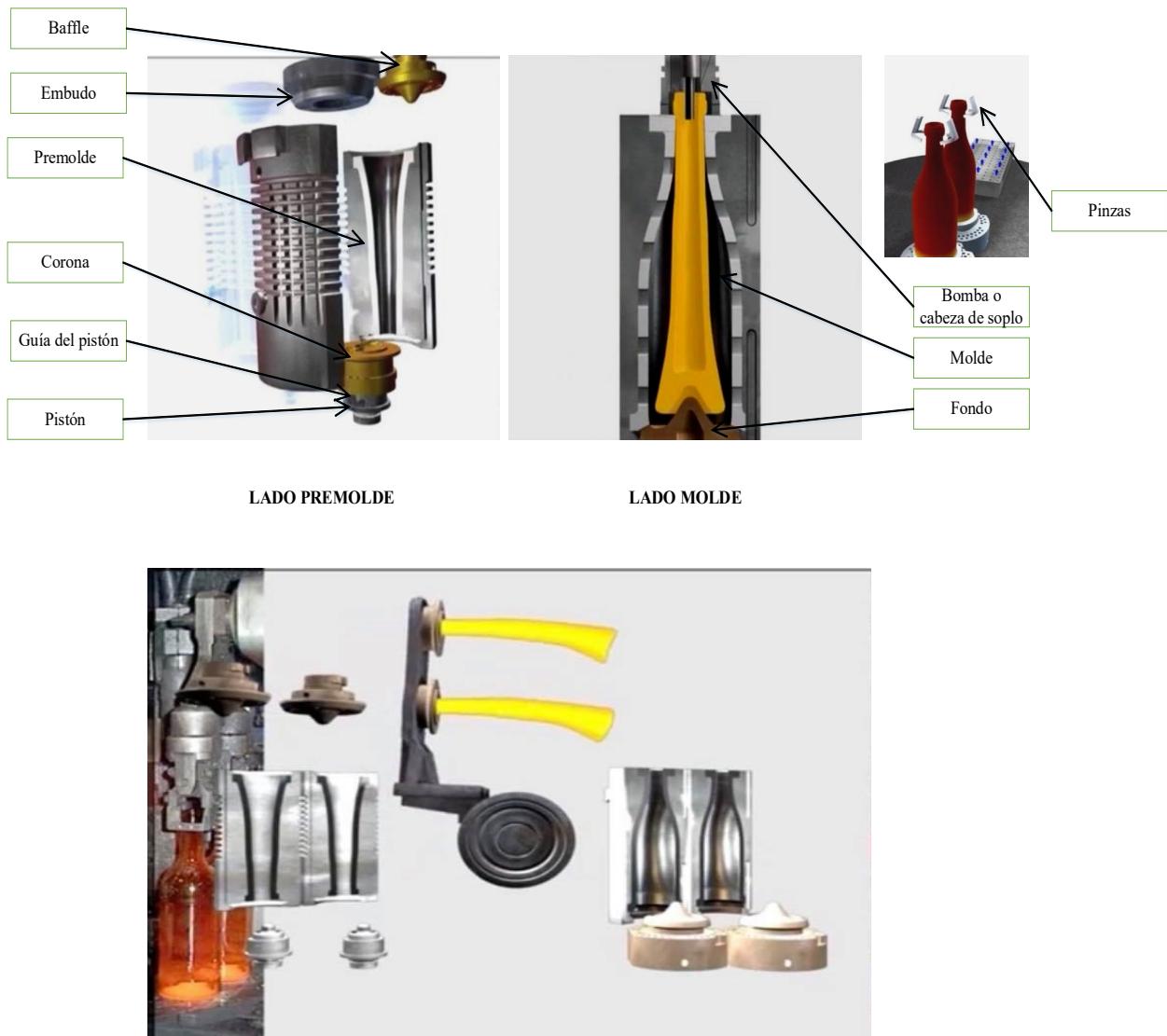
Figura N° 15 Diagrama Causa-efecto



Fuente: Elaboración propia (2020)

3.4.3. Diagnóstico de tiempos de cambio de producción y moldería

Figura N° 16 Representación gráfica de las partes cambiables de moldería



Fuente: Elaboración propia basado en video formación máquinas I.S. (2020)

Se realizó el cálculo de tiempos mediante el uso de un cronómetro, promediando los tiempos de cinco cambios en el caso de cambio de producción y el promedio de los cambios de moldería correspondientes a un mes en el caso de cambios de moldería (ver **ANEXO B**), las mismas ordenadas sistemáticamente que nos ayudará a tener un registro ordenado.

Figura N° 17 Diagrama de operaciones de cambio de producción

CAMBIO DE PRODUCCIÓN (O DE PRODUCTO)



Fuente: Elaboración propia (2020)

3.4.3.1. Análisis y diagnóstico en el cambio de producción

Tabla N° 5 Actividades de un cambio de producción:

Nº	Actividad realizada	Tiempo (min.)
1	Alistamiento de elementos de moldería (del producto a producir) anotando las piezas que saldrán del área de moldería	40
2	Llevar las piezas al área de formación (maquina IS): Primera ida (en carrito con capacidad de 10 moldes)	15 5
	Segunda ida	5
	Tercera ida	5
3	Parar y bloquear todas las secciones presionando el botón de parada, ubicado en la consola de control electrónico en maquina BOTTERO	2
4	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
5	Activar el rechazador general de envases en caliente.	2
6	Sacar todas las piezas de moldería del producto saliente en todas las secciones (10 secciones): <ul style="list-style-type: none">- Sacar los moldes salientes manualmente con el perno jalador.- Sacar el fondo de la cavidad levantándolo hacia arriba de forma manual.- Sacar el premolde saliente manualmente con el perno jalador.- Para sacar la corona girar las guías de reten ubicada en el brazo invertido, abriendo las dos mitades de la corona.- Para sacar la bomba o cabeza de soplo accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente retirar la cabeza de soplo liberando el pasador hacia arriba y girar la cabeza de soplo aproximadamente 45°.- Para sacar el pistón colocar manualmente el seguro de la bisagra de premolde, activar el mecanismo para subir el pistón ubicado en el bloque de válvulas, retirar manualmente la guía, girar 90° el seguro de sujeción del resorte de pistón y retirar manualmente el pistón.- Para sacar el bafle suspender el seguro del brazo de bafle y girar 45° para luego sacarlo.- Tomar el embudo manualmente (no tiene ningún seguro pero si una posición de encaje con el porta embudo)- Retirar manualmente la tapa de la guía, mover manilla en el bloque de válvula para subir el cilindro de guía y presionar manualmente la guía hacia abajo y girarla 180° para retirarla.- Todas las piezas sacadas llevar a moldería.	210
7	Realizar la limpieza de todas las secciones con ayuda de aire comprimido.	10
8	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura del vidrio generada por la limpieza de las secciones.	5
9	Ir al archa de recocido	3
10	Cerrar la compuerta del archa de recocido y limpiar la rueda de transferencia.	7
11	Realizar el cambio de todas las piezas de moldería del producto entrante en todas las secciones (10 secciones): <ul style="list-style-type: none">Realizar el cambio de moldes<ul style="list-style-type: none">- Colocar manualmente los moldes en la guía de la bisagra de las secciones correspondienteRealizar el cambio de fondos<ul style="list-style-type: none">- Tomar el fondo nuevo y colocar en las partes del molde de la misma forma que se retiró. (en las 10 secciones)Realizar el cambio de premoldes<ul style="list-style-type: none">- Colocar manualmente el premolde en la guía de la bisagra de la sección correspondienteRealizar el cambio de coronas<ul style="list-style-type: none">- Colocar la nueva corona en el brazo invertido abriendo las dos mitades de las coronas y girando manualmente las guías de reten para sujetarlas.Realizar el cambio de bomba o cabeza de soplo<ul style="list-style-type: none">- Accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente introducir la nueva cabeza de soplo.Realizar el cambio de pistón<ul style="list-style-type: none">- Colocar el pistón de forma manual, activar el mecanismo para bajar el pistón, ubicado en el bloque de válvula, colocar en su posición el seguro de sujeción, colocar manualmente la guía y retirar el seguro de la bisagra de premolde.Realizar el cambio de bafle<ul style="list-style-type: none">- Colocar manualmente el bafle de repuesto de la misma manera que se sacó.Realizar el cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)<ul style="list-style-type: none">- Colocar el embudo de la misma manera que se retiró.Realizar Cambio de guía (si es que lo requiere)<ul style="list-style-type: none">- Colocar la nueva guía presionándolo hacia abajo y girándola 180°, mover la manilla en el bloque válvula para subir el cilindro de guía y colocar manualmente la tapa de la guía.	205
12	Esperar que los moldes, premoldes calienten en todas las secciones	30
13	Calibración – Acondicionamiento de todas las secciones	330
14	Lubricación de moldería.	20
15	Iniciar el funcionamiento de todas las secciones de la maquina IS modo automático activando el interruptor en la posición de marcha y presionando el botón de arranque de las consolas de control electrónico en máquinas BOTTERO.	10
16	Control de temperatura de moldes y premoldes y gota.	45
17	Realizar la recalificación de cada una de las secciones	120
18	Control de peso	60
19	Inspección en caliente de todas las secciones	120
20	Levantar la compuerta del archa de recocido	5
21	Desactivar el rechazador general de envases en caliente	5
TOTAL		1.247

Fuente: Elaboración propia (2021)

$$1.247 \text{ min} \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 20,78 \text{ h}$$

Según la tabla anterior se puede observar que el cambio de producción lleva un tiempo aproximado de 21 horas. Lo que lleva a paralizar el proceso de producción.

3.4.3.2. Análisis y diagnóstico de tiempos en el cambio de moldería

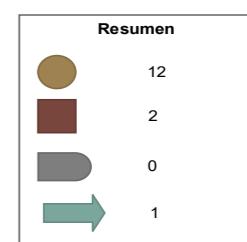
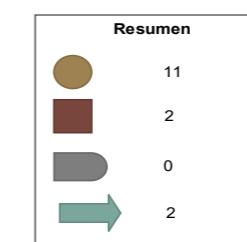
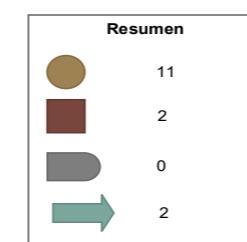
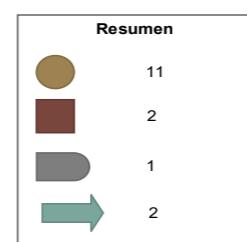
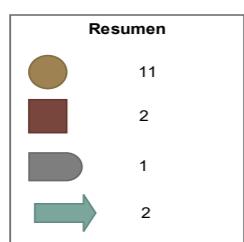
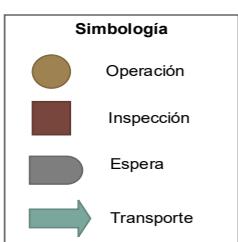
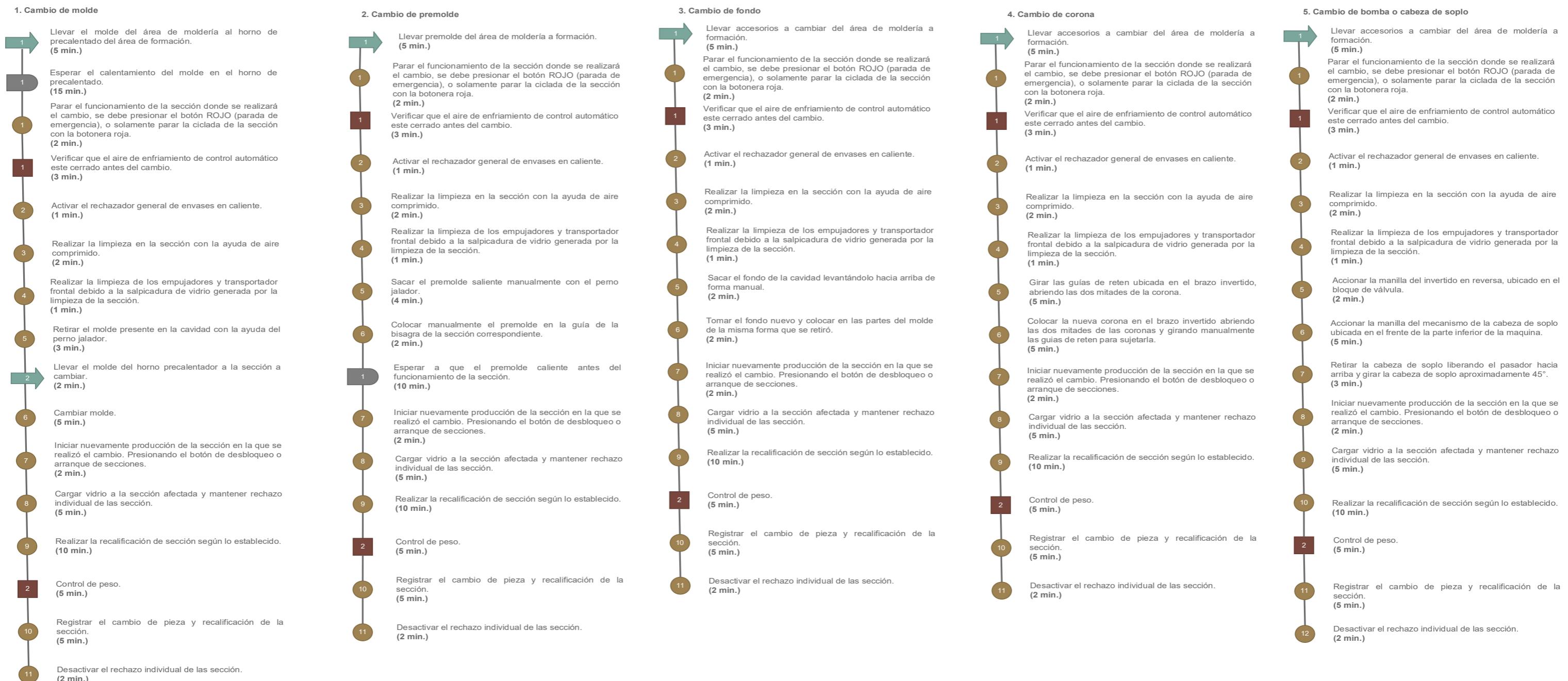
Los cambios de moldería se pueden dar por los siguientes motivos:

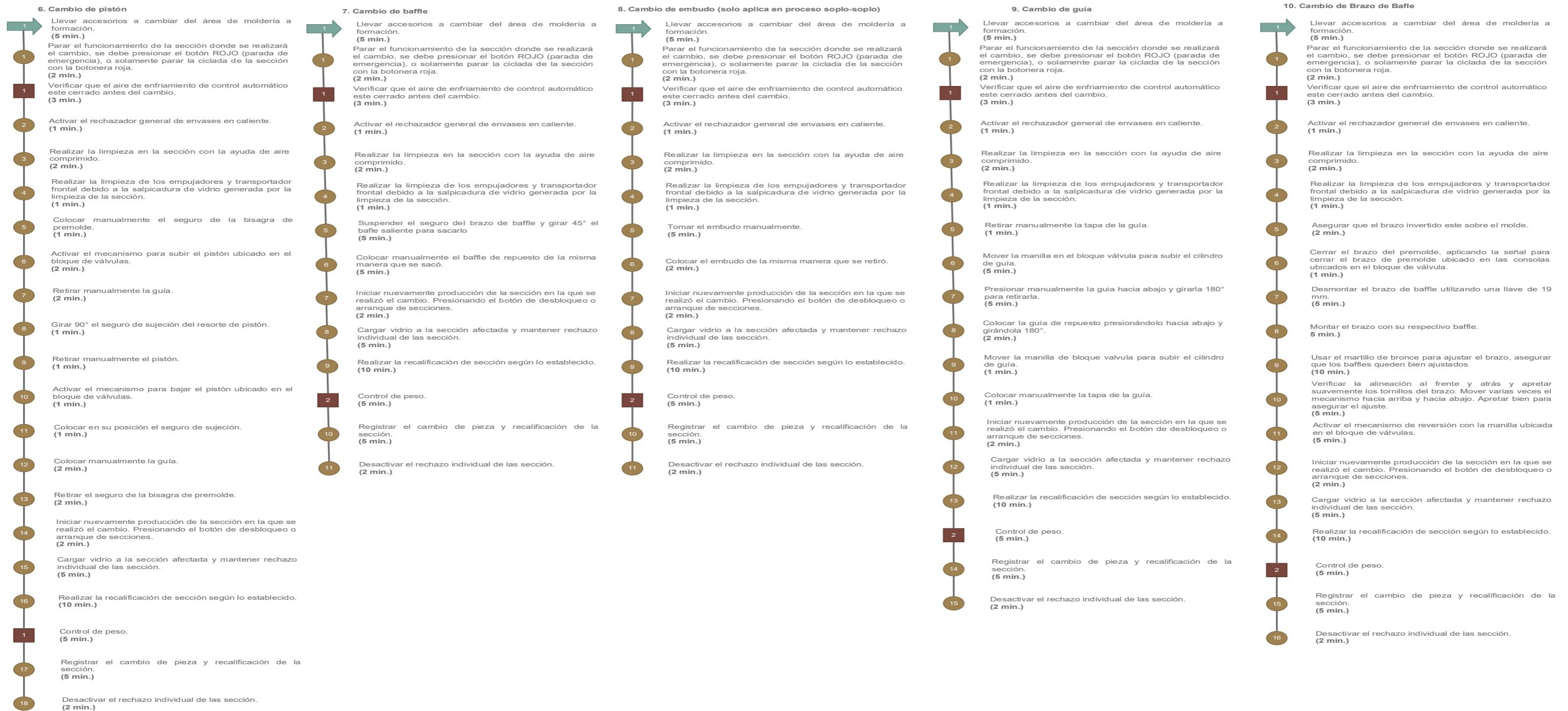
- Cambio programado de moldería el cual se realiza 3 veces por día a cualquier sección que el supervisor de formación (máquinas I.S.) elige para garantizar el buen funcionamiento de las mismas. Este cambio comenzara después del cambio de producción a las 24 horas y se establece que cada turno (cada 8 horas) debe realizar un cambio programado de una sección.
- Por defectos existentes en los envases (cambio de molde, cambio de premolde, cambio de corona, cambio de baffle, etc.) los cuales se promedian en 10 cambios por día actualmente (recurrentemente cambio de molde, premolde, corona y fondo).
- Algún fallo de las mismas.

Los tiempos fueron tomados por una sección (2 cavidades).

Los cambios pueden ser los siguientes:

Figura N° 18 Diagrama de operaciones de cambio de moldería





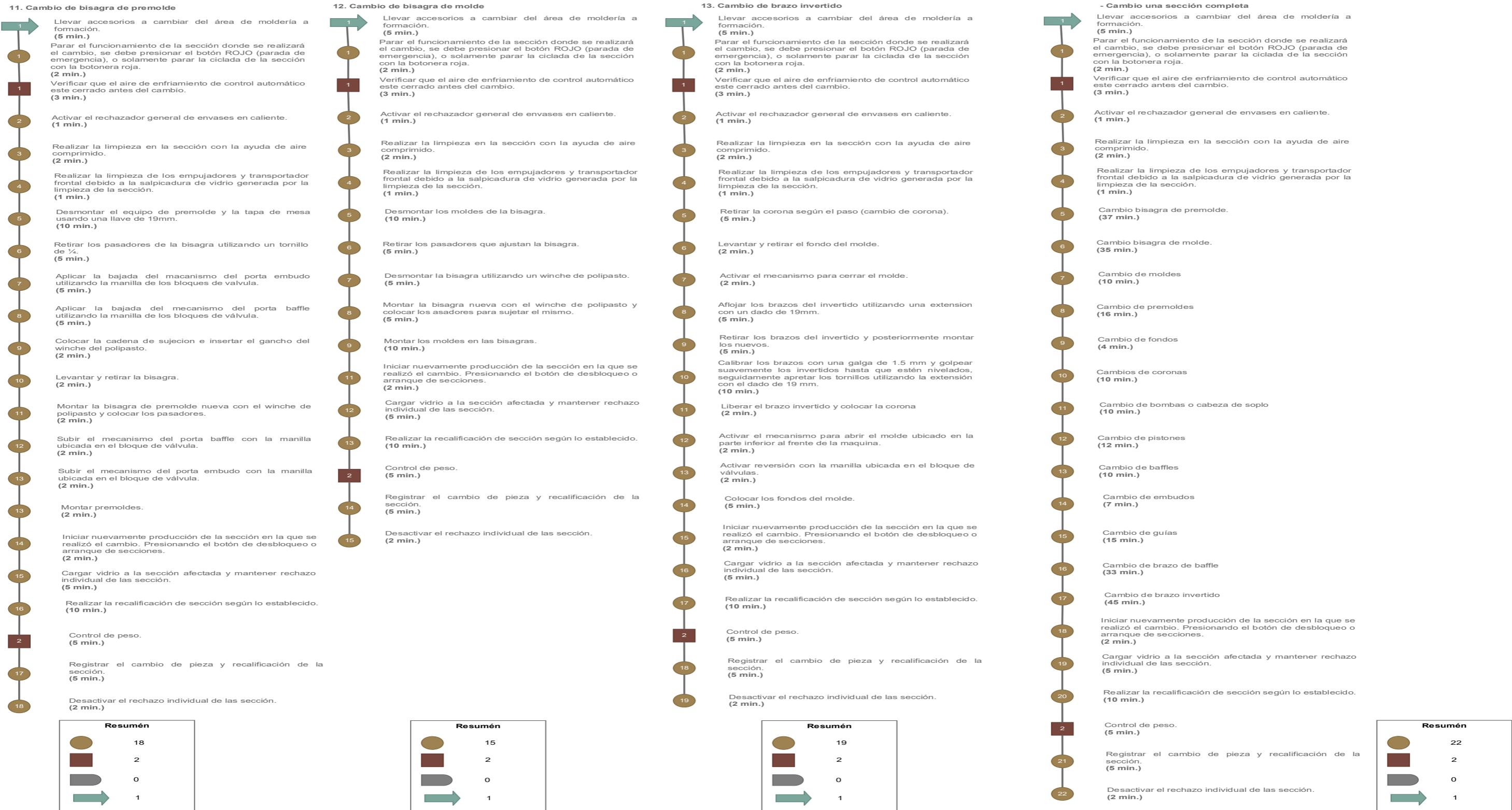
Resumen	
	18
	1
	0
	1

Resumen	
	11
	2
	0
	1

Resumen	
	11
	2
	0
	1

Resumen	
	15
	2
	0
	1

Resumen	
	16
	2
	0
	1



Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 6 Tiempos en cambio de molde

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar molde del área de moldería al horno de precalentado del área de formación.	5
2	Esperar el calentamiento del molde en el horno de precalentado	15
3	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizara el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
4	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
5	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
6	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
7	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
8	Retirar el molde presente en la cavidad con la ayuda del perno jalador.	3
9	Llevar el molde del horno precalentador a la sección a cambiar	2
10	Cambiar molde	5
11	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones	2
12	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
13	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
14	Control de peso	5
15	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
16	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		68

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 7 Tiempos en cambio de premolde

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar premolde del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Sacar el premolde saliente manualmente con el perno jalador.	4
8	Colocar manualmente el premolde en la guía de la bisagra de la sección correspondiente.	2
9	Esperar a que el premolde caliente antes del funcionamiento de la sección	10
10	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
11	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
12	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
13	Control de peso	5
14	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
15	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		59

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 8 Tiempos en cambio de fondo

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Sacar el fondo de la cavidad levantándolo hacia arriba de forma manual.	2
8	Tomar el fondo nuevo y colocar en las partes del molde de la misma forma que se retiró	2
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
12	Control de peso	5
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		47

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 9 Tiempos en cambio de corona

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Girar las guías de reten ubicada en el brazo invertido, abriendo las dos mitades de la corona	5
8	Colocar la nueva corona en el brazo invertido abriendo las dos mitades de las coronas y girando manualmente las guías de reten para sujetarla	5
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
12	Control de peso	5
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		53

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 10 Tiempos cambio de bomba o cabeza de soplo

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula.	2
8	Accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina	5
9	Retirar la cabeza de soplo liberando el pasador hacia arriba y girar la cabeza de soplo aproximadamente 45°.	3
10	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
11	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
12	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
13	Control de peso	5
14	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
15	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		53

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 11 Tiempos en cambio de pistón

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación.	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Colocar manualmente el seguro de la bisagra de premolde.	1
8	Activar el mecanismo para subir el pistón ubicado en el bloque de válvulas.	2
9	Retirar manualmente la guía.	2
10	Girar 90° el seguro de sujeción del resorte de pistón.	1
11	Retirar manualmente el pistón.	1
12	Activar el mecanismo para bajar el pistón, ubicado en el bloque de válvulas.	1
13	Colocar en su posición el seguro de sujeción.	1
14	Colocar manualmente la guía.	2
15	Retirar el seguro de la bisagra de premolde.	1
16	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones.	2
17	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
18	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
19	Control de peso	5
20	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
21	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		55

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 12 Tiempos en cambio de bafle

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Suspender el seguro del brazo de baffle y girar 45° el baffle saliente para sacarlo	5
8	Colocar manualmente el baffle de repuesto de la misma manera que se sacó.	5
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
12	Control de peso	5
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		53

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 13 Tiempos en cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Tomar el embudo manualmente (no tiene ningún seguro, pero si una posición de encaje con el porta embudo)	5
8	Colocar el embudo de la misma manera que se retiró	2
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
12	Control de peso	5
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		50

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 14 Tiempos en cambio de guía

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizara el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Retirar manualmente la tapa de la guía	1
8	Mover manilla en el bloque válvula para subir el cilindro de guía	5
9	Presionar manualmente la guía hacia abajo y girarla 180° para retirarla	5
10	Colocar la guía de repuesto presionándolo hacia abajo y girándola 180°	2
11	Mover la manilla de bloque válvula para subir el cilindro de guía.	1
12	Colocar manualmente la tapa de la guía.	1
13	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
14	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
15	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
16	Control de peso	5
17	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
18	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		58

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 15 Tiempos en cambio de brazo de bafle

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Asegurar que el brazo invertido este sobre el molde.	2
8	Cerrar el brazo de premolde, aplicando la señal para cerrar el brazo de premolde ubicado en las consolas ubicados en el bloque de válvula	1
9	Desmontar el brazo de baffle utilizando una llave de 19 milímetros.	5
10	Montar el brazo con su respectivo baffle	5
11	Usar el martillo de bronce para ajustar el brazo, asegurar que los bafles queden bien ajustados	10
12	Verificar la alineación al frente y atrás, apretar suavemente los tornillos del brazo. Mover varias veces el mecanismo hacia arriba y hacia abajo. Apretar bien para asegurar el ajuste.	5
13	Activar el mecanismo de reversión con la manilla ubicada en el bloque de válvulas.	5
14	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones.	2
15	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
16	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
17	Control de peso	5
18	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
19	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		76

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 16 Tiempos en cambio de bisagra de premolde

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizara el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Desmontar el equipo de premolde y tapa de mesa usando una llave de 19 milímetros.	10
8	Retirar los pasadores de la bisagra utilizando un tornillo de $\frac{1}{4}$.	5
9	Aplicar la bajada del mecanismo del porta embudo utilizando la manilla ubicada en el bloque de válvulas.	5
10	Aplicar la bajada del mecanismo del porta baffle utilizando la manilla de los bloques de válvula.	5
11	Colocar la cadena de sujeción e insertar el gancho del winche del polipasto.	2
12	Levantar y retirar la bisagra.	2
13	Montar la bisagra de premolde nueva con el winche de polipasto y colocar los pasadores.	2
14	Subir el mecanismo del porta baffle con la manilla ubicada en el bloque de válvula.	2
15	Subir el mecanismo del porta embudo con la manilla ubicada en el bloque de válvula.	2
16	Montar premoldes.	2
17	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones.	2
18	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
19	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
20	Control de peso	5
21	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
22	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		80

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 17 Tiempos en cambio de bisagra de molde

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Desmontar los moldes de la bisagra	10
8	Retirar los pasadores que ajustan la bisagra	5
9	Desmontar la bisagra utilizando el winche de polipasto	5
10	Montar la bisagra nueva con el winche de polipasto y colocar los asadores para sujetar el mismo	5
11	Montar los moldes en las bisagras	10
12	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
13	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
14	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
15	Control de peso	5
16	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
17	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		78

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 18 Tiempos cambio de brazo invertido

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1
7	Retirar la corona según el paso (cambio de corona)	5
8	Levantar y retirar el fondo del molde	2
9	Activar el mecanismo para cerrar el molde	2
10	Aflojar los brazos del invertido utilizando una extensión con un dado de 19 milímetros	5
11	Retirar los brazos del invertido y posteriormente montar los nuevos	5
12	Calibrar los brazos con una galga de 1.5 milímetros y golpear suavemente los invertidos hasta que estén nivelados, seguidamente apretar los tornillos utilizando la extensión con el dado de 19 milímetros	10
13	Liberar el brazo invertido y colocar la corona	2
14	Activar el mecanismo para abrir el molde ubicado en la parte inferior al frente de la maquina	2
15	Activar la reversión con la manilla ubicada en el bloque de válvulas	2
16	Colocar los fondos del molde	5
17	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2
18	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5
19	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10
20	Control de peso	5
21	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5
22	Desactivar rechazo individual de la sección.	2
TOTAL		83

Fuente: Elaboración propia (2020)

3.4.4. Análisis y diagnóstico reparación y limpieza de moldería en la línea de producción

La limpieza y/o reparación de moldes y premoldes se realiza posterior a la salida de máquinas IS, es decir cuando se tenga un cambio programado o cuando se detecte alguna falla en el molde o premolde, esta se realiza a temperatura ambiente.

Tabla N° 19 Proceso de limpieza y reparación de moldes y premoldes

Nº	Actividad realizada	Tiempo (min)
1	En caso de que la pieza (molde o premolde) todavía se encuentra caliente, esperar a que esta se enfrié a temperatura ambiente. De ser necesario su inmediata limpieza y reparación ayudar el enfriado utilizando aire comprimido.	5
2	Quitar el vidrio adherido al molde y/o premolde con una herramienta punzante	5
3	Introducir el molde y/o premolde en la arenadora y realizar el lavado con chorro de microesferas de vidrio hasta que las superficies estén limpias, posteriormente aplicar aire comprimido para retirar la micro esfera que puede quedar dentro de los ductos del molde y/o premolde.	10
4	Colocar las dos mitades del molde o premolde en el banco de trabajo.	1
5	Realizar una inspección visual de las piezas. Identificar el tipo de daño que tienen las piezas (molde golpeado., costura, marca de cuerpo, orificios tapados, pieza sucia o piel de naranja)	2
6	En caso de molde golpeado, costura o marca de cuerpo soldar las áreas dañadas.	5
7	Colocar cada mitad del molde o premolde (macho y hembra) en la prensa del banco de trabajo y con una lima de grano fino rebajar cuidadosamente la soldadura.	5
8	Colocar la mitad del molde (macho) encima de la mitad del molde (hembra) y observar detalladamente el trabajo realizado.	1
9	Esmesilar la soldadura del molde	2
10	Ajustar el molde	1
11	Limpiar el molde para eliminar escoria y si el molde trabaja con vacío, limpiar los orificios.	2
12	Dar relieve al molde	2
13	Pulir el molde	1
14	Verificar los diámetros del cuerpo, cuello, hombro, talón, fondo y bafle	1
15	Verificar acople de moldes con el fondo y premoldes con la corona y bafle	1
16	Verificar que cumplan con dimensiones y tolerancias especificadas.	1
TOTAL		45

Fuente: Elaboración propia (2020) en base al instructivo JPR-ITT-024 limpieza y reparación de moldes, pre moldes y accesorios de la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.

Tabla N° 20 Proceso de limpieza y reparación de accesorios (Pistones, Coronas, Fondos, Bafles y Bombas)

Nº	Actividad realizada	Tiempo (min.)
1	Colocar los accesorios en la mesa de trabajo.	2
2	Esperar a que las piezas enfríen en caso de encontrarse aun calientes, de ser necesario su inmediata atención ayudar al enfriamiento con aire comprimido.	5
3	Con una herramienta punzante quitar el vidrio adherido al molde y/o premolde.	5
4	Introducir los accesorios en la arenadora y realizar el lavado con chorro de microesferas de vidrio hasta que las superficies estén limpias, posteriormente aplicar aire comprimido para retirar la micro esfera que puede quedar dentro de los ductos de los accesorios.	10
5	En el caso de los pistones, colocarlos en la mesa de trabajo y pulir con lija fina.	5
6	Montar bafles y fondos al torno.	2
7	Verificar diámetros internos con calibres PASA/NO PASA en las coronas y anillos.	1
TOTAL		30

Fuente: Elaboración propia (2020) en base al instructivo JPR-ITT-024 limpieza y reparación de moldes, pre moldes y accesorios de la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.

Analizados los procesos de limpieza y reparado de moldes, premoldes y accesorios se pudo determinar que el tiempo aproximado para la limpieza y reparación de cada pieza es de 45 minutos para moldes y premoldes y 30 minutos para accesorios, tiempo que afecta en la disponibilidad de los mismos para los respectivos cambios de moldería, en el que influye también la falta de equipos de reparación. Los moldes, premoldes y accesorios que utiliza la maquina IS para la elaboración de envases, son acondicionadas en el taller de moldería.

- **Vida útil de moldes y premoldes**

La vida útil de los moldes y premoldes se determina a partir de los envases producidos y la eficiencia de la producción, obteniendo de este modo la cantidad de gotas que pasan por las piezas de moldería. Este valor se resta a la vida máxima establecida para cada caso y así se obtiene la cantidad de envases que le restan de vida. Los moldes tienen una vida útil máxima de 875.000 gotas y los premoldes de 675.000 gotas, la vida útil se considera según las especificaciones técnicas del proveedor.

Figura N° 19 Arenadora



Fuente: Fotografía tomada en la Fábrica ENVIBOL en el área de moldería (2020)

Figura N° 20 Espacio de trabajo para la reparación de moldería



Fuente: Fotografías tomada en la Fábrica ENVIBOL en el área de moldería (2020)

Figura N° 21 Retiro de vidrio del molde con una herramienta punzante



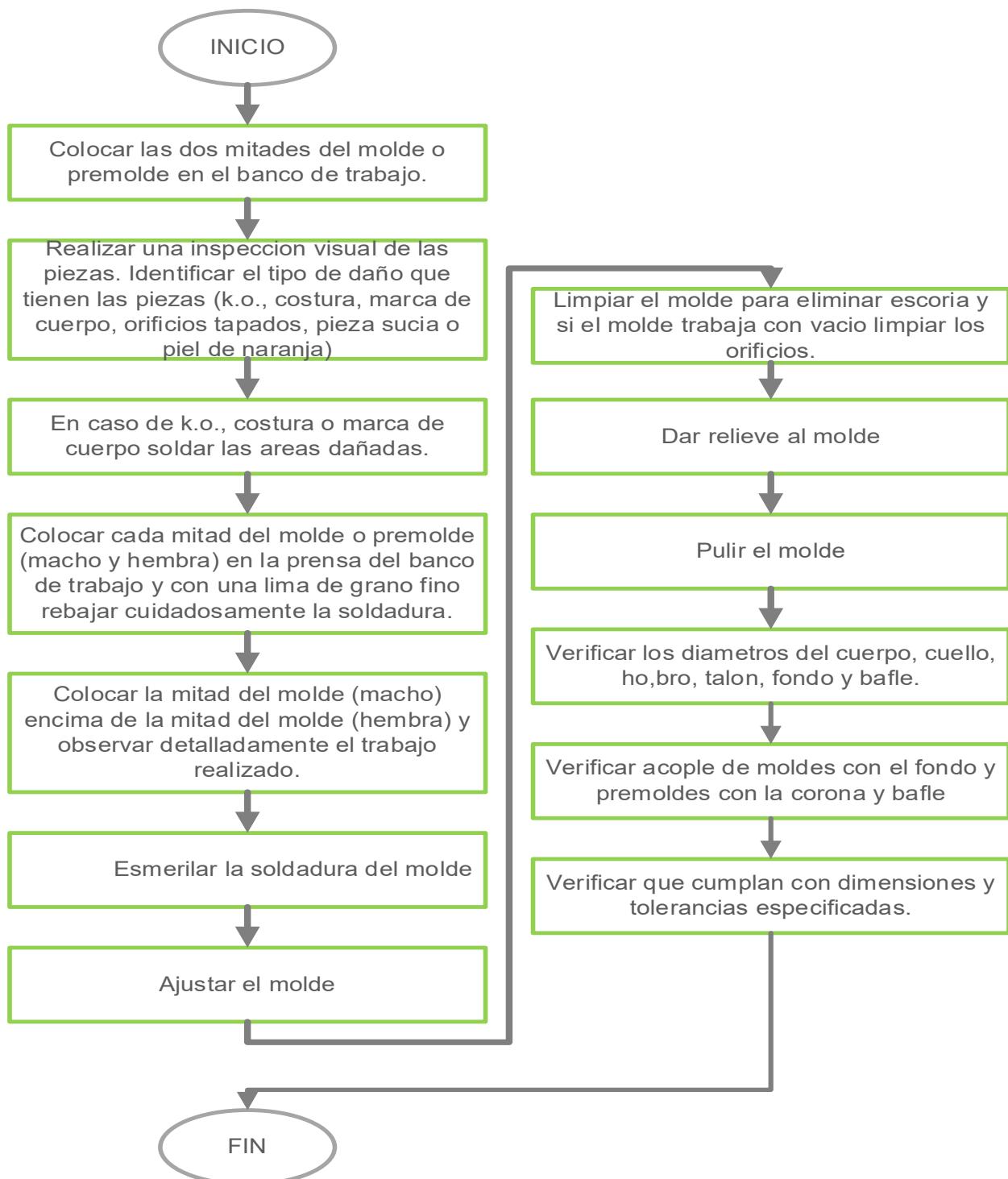
Fuente: *Fotografía tomada en la Fábrica ENVIBOL en el área de moldería (2020)*

Figura N° 22 Lavado con chorro de microesferas de vidrio y aplicación de aire comprimido



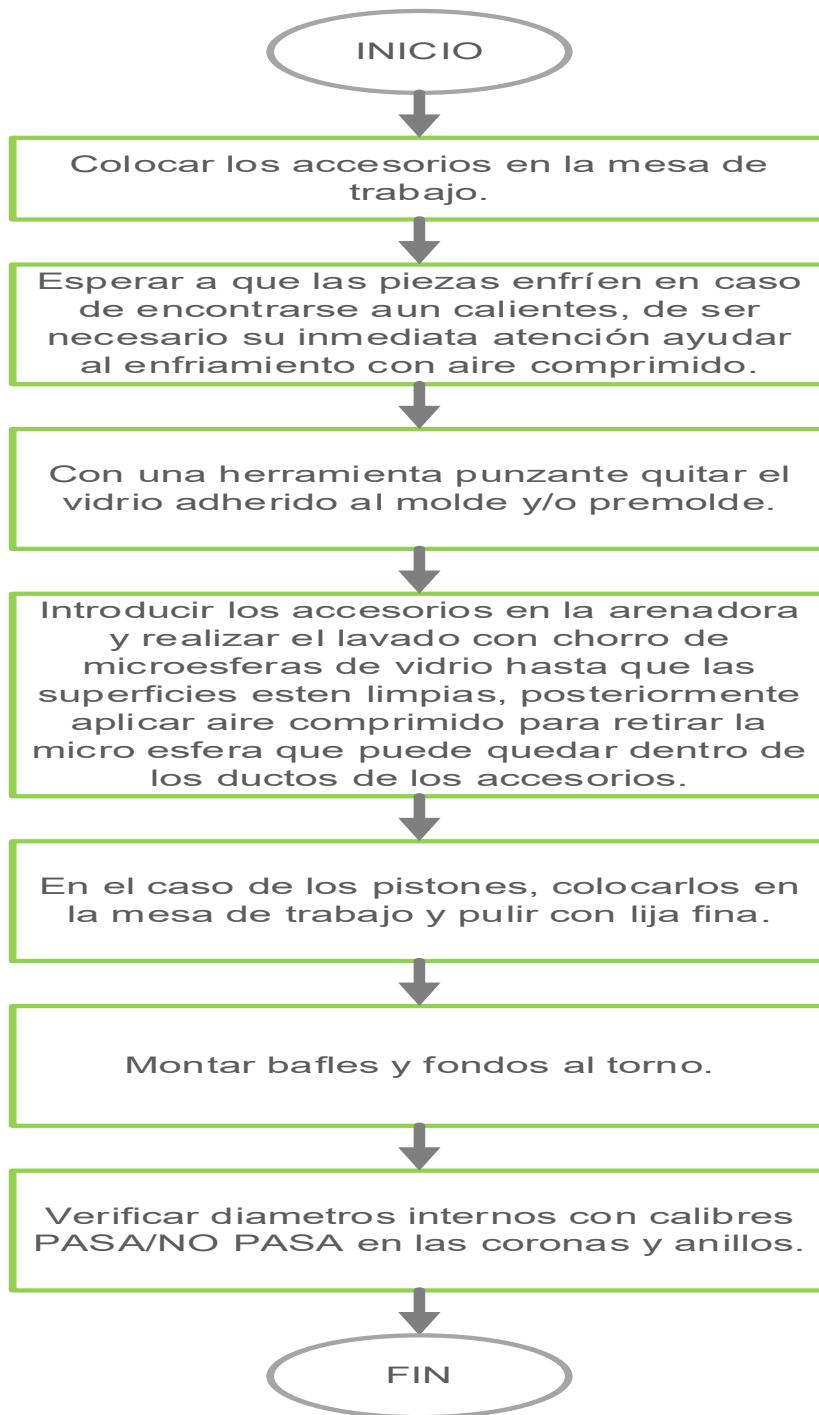
Fuente: *Fotografía tomada en la Fábrica ENVIBOL en el área de moldería (2020)*

Figura N° 23 Diagrama de flujo proceso de reparación y limpieza de moldes y premoldes



Fuente: Elaboración propia (2021) en base al instructivo JPR-ITT-024 limpieza y reparación de moldes, pre-moldes y accesorios de la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.

**Figura N° 24 Diagrama de flujo proceso de reparación y limpieza de accesorios
(Pistones, coronas, bafles y bombas)**



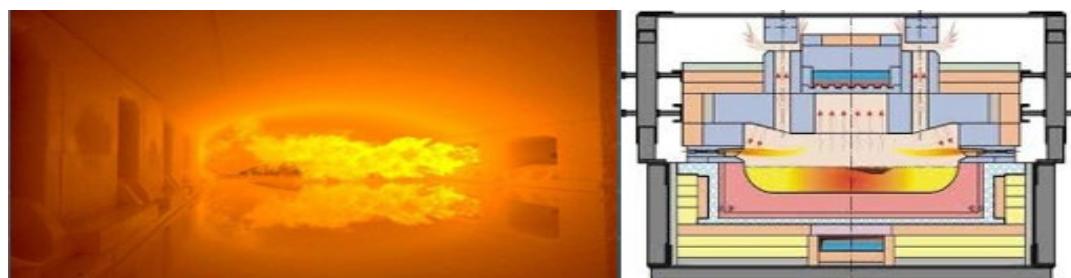
Fuente: Elaboración propia (2021) en base al instructivo JPR-ITT-024 limpieza y reparación de moldes, pre-moldes y accesorios de la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL

3.4.5. Maquinaria de la línea de producción

3.4.5.1. Horno de fundición

El horno es el lugar principal donde se lleva a cabo la etapa de la fusión de todas las materias primas, el horno es un recipiente rectangular construido de material refractario y estructura metálica resistente al desgaste producido por el vidrio líquido y las llamas a altas temperaturas, el horno está diseñado para utilizar cualquier tipo de combustible para producir el calor por medio de quemadores, la mezcla es cargada al horno por uno de sus extremos mientras que por el otro se extrae el vidrio fundido.

Figura N° 25 Horno de fundición



Fuente: Documentos ENVIBOL.

3.4.5.2. Gota

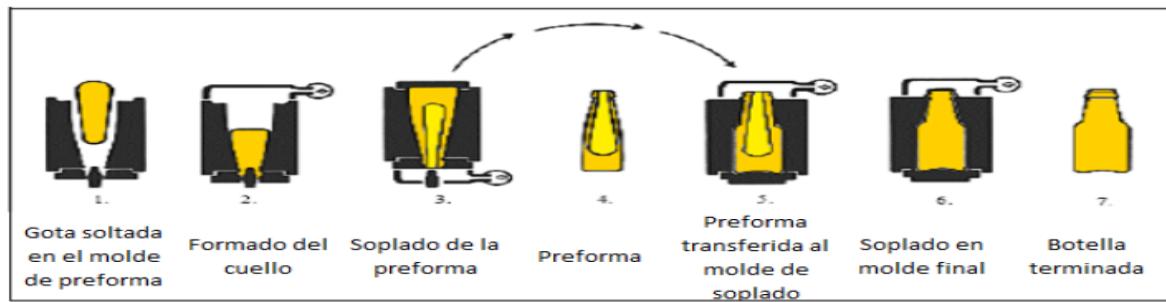
Una vez acondicionado el vidrio, se forma la gota de vidrio con el peso y forma deseada por medio de un sistema de equipos refractarios compuesto por un tubo que se encarga de controlar el flujo del vidrio hacia la salida del orificio y una aguja refractaria que impulsa intermitentemente el vidrio hacia el orificio de salida que determina la cantidad de vidrio que tendrá la gota. Para formar la gota se corta por medio de un sistema mecánico de tijeras, luego la gota es enviada por un sistema de distribución mecánica sincronizado hasta llegar a las máquinas IS.

Figura N° 26 Gota



Fuente: *Fotografía tomada en la Fábrica Envibol (2020)*

Figura N° 27 Formación de gota



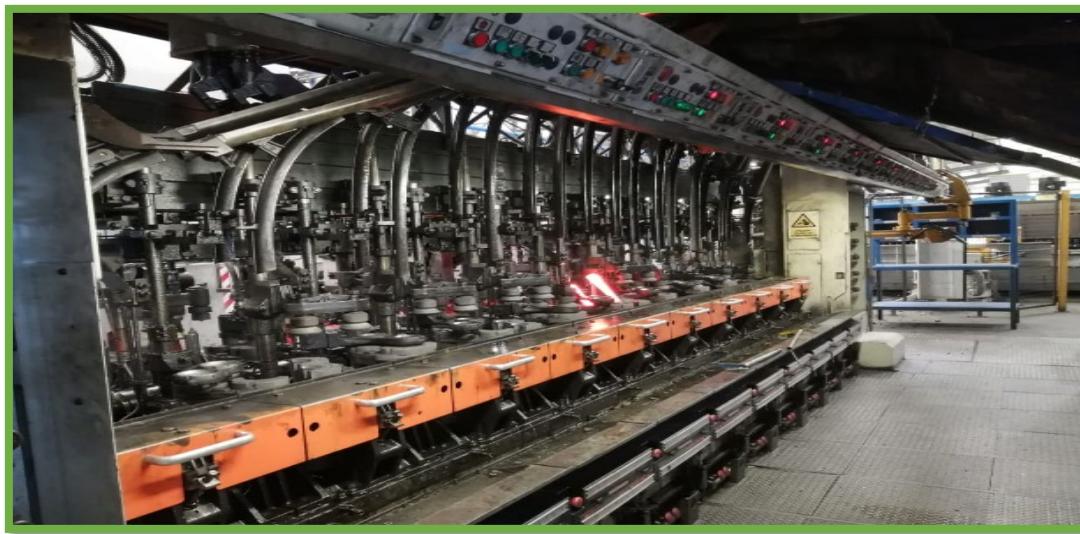
Fuente: *Ramos Reyes, Salirrosas Yaranga, tomado del manual de acondicionamiento Owens Illionois Peru.*

3.4.5.3. Máquina formadora I.S.

La máquina IS que pueden ser 8 hasta 12 secciones cada máquina, cada sección puede fabricar de uno hasta cuatro envases al instante y estas se pueden fabricar en dos tipos de proceso básicos como: soplo y soplo (Blow and Blow) y prensa y soplo (Press and Blow), estos procesos se dan de acuerdo al tipo de envase a fabricar (peso, altura, diámetro). Para formar envases de vidrio, las máquinas necesitan equipos de moldura que están hecho de fundición o en aleaciones metálicas especiales, la camisa, la aguja y la boquillera para formar el terminado del envase, el pre molde, la tapa y el embudo para formar el palezón o la preforma del envase, y el molde, el fondo y la sopladora para formar el envase por completo.

Las pinzas se encargan de extraer el envase y colocarlos en una placa de enfriamiento donde luego son trasladadas mediante un sistema de paletas barredoras hacia una faja transportadoras que finalmente los llevara a un horno de recocido (Archa).

Figura N° 28 Máquina formadora I.S.



Fuente: Fotografía tomada en la fábrica ENVIBOL (2020)

3.4.5.4. Máquina Archa de recocido

Se sostiene que después de que los envases de vidrio son formados por las máquinas de formación a 900°C, se originan tensiones internas en el vidrio debido a la disminución brusca de temperatura hasta los 500°C durante su transporte hacia el horno de recocido (Archa) estos son transportados hasta el apilador donde serán ordenados en fila de 20 hasta 60 según la velocidad de la máquina para luego ingresar al túnel de recocido a una temperatura de hasta 600°C para aliviar o reducir al mínimo las tensiones creadas por bajas temperaturas y corrientes de aire y otorgar a los envases una mayor resistencia a la acción de agentes externos durante el proceso de transporte, embalaje, almacenaje y envasado, luego son sometidos a un enfriamiento gradual hasta una temperatura adecuada para el tratamiento superficial a la salida del horno de recocido (Archa). Los envases salen del horno de recocido a una temperatura de unos 120°C aproximadamente.

Figura N° 29 Archa de recocido



Fuente: Fotografía tomada en la fábrica ENVIBOL (2020)

3.4.5.5. Tratamiento

Equipo electromecánico que se encarga de realizar un tratamiento de lubricación de los envases por la parte del hombro para evitar ralladuras en los transportadores.

Figura N° 30 Tratamiento



Fuente: Fotografía tomada en la fábrica ENVIBOL (2020)

3.4.5.6. Máquinas de Inspección MCAL4 - MULTI4 – MX4

Las máquinas de inspección combinan funciones que permiten un control completo de la pared lateral (hasta 24 cámaras) con la finalidad de detectar defectos, dotados de sistemas capaces de detectar defectos en el envase proveniente de la formación del mismo y son rechazados en forma automática todos aquellos envases que tengan defectos de forma Y/o dimensionales como: grietas, arrugas, distribución irregular en las paredes del envase, terminado

sin llenar, y todas las que contengan partículas extrañas y/o adheridas al cuerpo del envase, garantizando los más altos estándares de calidad establecidos por la empresa.

En esta etapa del proceso se controlan todos y cada uno de ellos con la ayuda de instrumentos de funcionamiento mecánico, electrónico, por video cámara de alta resolución y mediante un haz luminoso, de esta manera, el cierre, las dimensiones, el espesor de vidrio y las cualidades estéticas se someten a un proceso de control estricto, los envases de vidrio que son rechazados, retornan por medio de una faja transportadora a la zona de desperdicio para ser llevado nuevamente al horno de fundición.

Figura N° 31 Máquinas de inspección MCAL4 – MULTI4 – MX4



Fuente: Fotografía tomada en la fábrica ENVIBOL (2020)

3.4.5.7. Paletizado

Esta etapa, los envases de vidrio son paletizados y apilados de forma vertical ascendente sobre unas paletas de madera (pallets) y separados por papel cartón formando cama de entre 6 a 10 dependiendo de la altura y diámetro del envase.

Figura N° 32 Paletizadora



Fuente: Fotografía tomada en la fábrica ENVIBOL (2020)

3.4.6. Características técnicas de maquinaria

Tabla N° 21 Características técnicas de maquinaria

PROCESO	CARACTERÍSTICAS
HORNO	<ul style="list-style-type: none">▪ PROVEEDOR: BDF Industries SRL – VENEZA – ITALIA.▪ TIPO DE HORNO: END PORT – REGENERATIVO (FUEGO ATRÁS).▪ TIPO DE VIDRIO: SODACALCICO.▪ TEMPERATURA DE TRABAJO: 1540°C.▪ AREA DE FUSION: 45 m².▪ EXTRACCION TOTAL: 120 Ton/dia.▪ COMBUSTIBLE PRINCIPAL: GAS NATURAL – 600 m³/h.▪ COMBUSTIBLE ALTERNATIVO: GAS LICUADO PETROLEO (GLP) – 300 m³/h.▪ AYUDA ELECTRICA HORNO DE FUSION: 1000 KVA – 7 electrodos (6 en la zona de fusión y uno de tierra).▪ QUEMADORES: 4 QUEMADORES.▪ WORKING – END: 1 Distribuidor.▪ FOREHEARTHS: 2 alimentadores de 3 zonas cada uno.▪ ANCHO: 36 Pulgadas (0.9144 m)▪ LARGO: 24 Pies (7.31 m)▪ CONTROL DE TEMPERATURA: Automático.

PROCESO	CARACTERÍSTICAS
MÁQUINAS IS	<p>ENVIBOL tiene 2 máquinas IS (sección individual) de 5 ½" doble gota, el proveedor es la empresa BOTTERO GLASS TECNOLOGY industria de Italiana.</p> <p>Cada máquina tiene 10 secciones, el modelo es 2016.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La velocidad mínima es 70 bot/min. ▪ La velocidad máxima es de 300 bot/min. <p>Se tiene 3 procesos: SOPLO SOPLO, PRENSA SOPLO y proceso NNPB.</p> <p>Todos los moldes son de origen italiano, hierro fundido y bronce.</p> <p>El envase más pequeño que se puede realizar en el Proceso Soplo Soplo es de 36 mm debajo del acabado.</p> <p>El envase más pequeño que se puede realizar en el Proceso Prensa Soplo es de 62 mm debajo del acabado.</p> <p>El envase más grande que se puede realizar en el Proceso Soplo Soplo es de 337,5 mm debajo del acabado.</p> <p>El envase más grande que se puede realizar en el Proceso Prensa Soplo es de 293 mm debajo del acabado. El control de operación del software es a través del SPV-400 BOTTERO.</p>
ARCHA	<p>INGRESO DE ENVASES A 600 °C y se enfriá hasta alcanzar 200 °C.</p> <p>Los productos son sometidos a una curva de temperatura, en 7 módulos de 2,25 metros cada uno, que integran este horno de 15,25 metros de largo de túnel.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción 85 ton/día. ▪ Ancho de malla: 3000 mm (3m). ▪ Altura del Túnel: 400 mm (0.4m).
MÁQUINAS DE INSPECCIÓN	<p>LA PRIMERA MÁQUINA SE LLAMA MCAL4 que está destinada a la inspección del cuerpo del envase tanto en aspecto como dimensional.</p> <p>LA SEGUNDA SE LLAMA MULTI4 inspecciona fondo y corona del envase esto en aspecto.</p> <p>LA TERCERA MÁQUINA SE LLAMA MX4 inspecciona diámetro interno, planitud de la corona, fracturas en el envase, espesor del envase.</p> <p>MCAL Y MULTI inspeccionan 500 botellas/min y la MX4 300 botellas/min. Pasados los tres equipos de inspección se tiene al operador de la pantalla visual, quien retira los envases con defectos menores, que en los EIA (Equipos de Inspección Automática) no fueron ajustados.</p>
MÁQUINA PALETIZADORA	Maquina la cual ordena y acomoda los envases en pallets para ser trasladados a almacén de producto terminado.

Fuente: *Elaboración propia en base a datos técnicos de la fábrica ENVIBOL (2020)*

3.4.7. Simulación del proceso productivo actual antes de la aplicación del SMED

3.4.7.1. Simulador utilizado

El programa de simulación PROMODEL versión 7.5., fue el simulador utilizado en el presente estudio. Este programa fue utilizado debido a la facilidad que presenta en cuanto a la construcción de modelos y visualización dinámica de corridas y de resultados. A continuación, se nombran algunas ventajas que presenta el programa:

- Permite modelar procesos, documentar e informar.
- Tiene la opción de modificar variables, atributos, parámetros y expresiones antes y después de construido el modelo.
- Simula las respuestas futuras del sistema, con el objeto de poder comprender relaciones complejas e identificar posibilidades de mejora.
- Permite visualizar las operaciones con gráficos dinámicos animados.
- El usuario puede analizar como el sistema funcionará “tal cual” como en la actualidad y bajo un conjunto de posibles alternativas, de manera de poder elegir de forma segura la mejor entre ellas.

3.4.7.2. Diseño del modelo

Entendiendo que un modelo es la representación de un sistema, creado para aprender acerca del sistema y un sistema es un conjunto de componentes interdependientes y sus interacciones, que se encuentran unidos para desempeñar una función específica.

A continuación, se evidencia la construcción del modelo simulado, según la metodología contemplada para el uso de la herramienta Promodel.

Describiendo su debido proceso, el cual contiene elementos que posteriormente se describen. Estos elementos tienen una función netamente descriptiva para contextualizar al lector del desarrollo de la simulación; si se requiere mayor profundización es necesario acudir a la herramienta informática ProModel de simulación.

3.4.7.2.1. Locaciones (locations)

Representan lugares físicos fijos en el sistema donde ocurren los eventos. (ver ANEXO A).

3.4.7.2.2. Entidades (Entities)

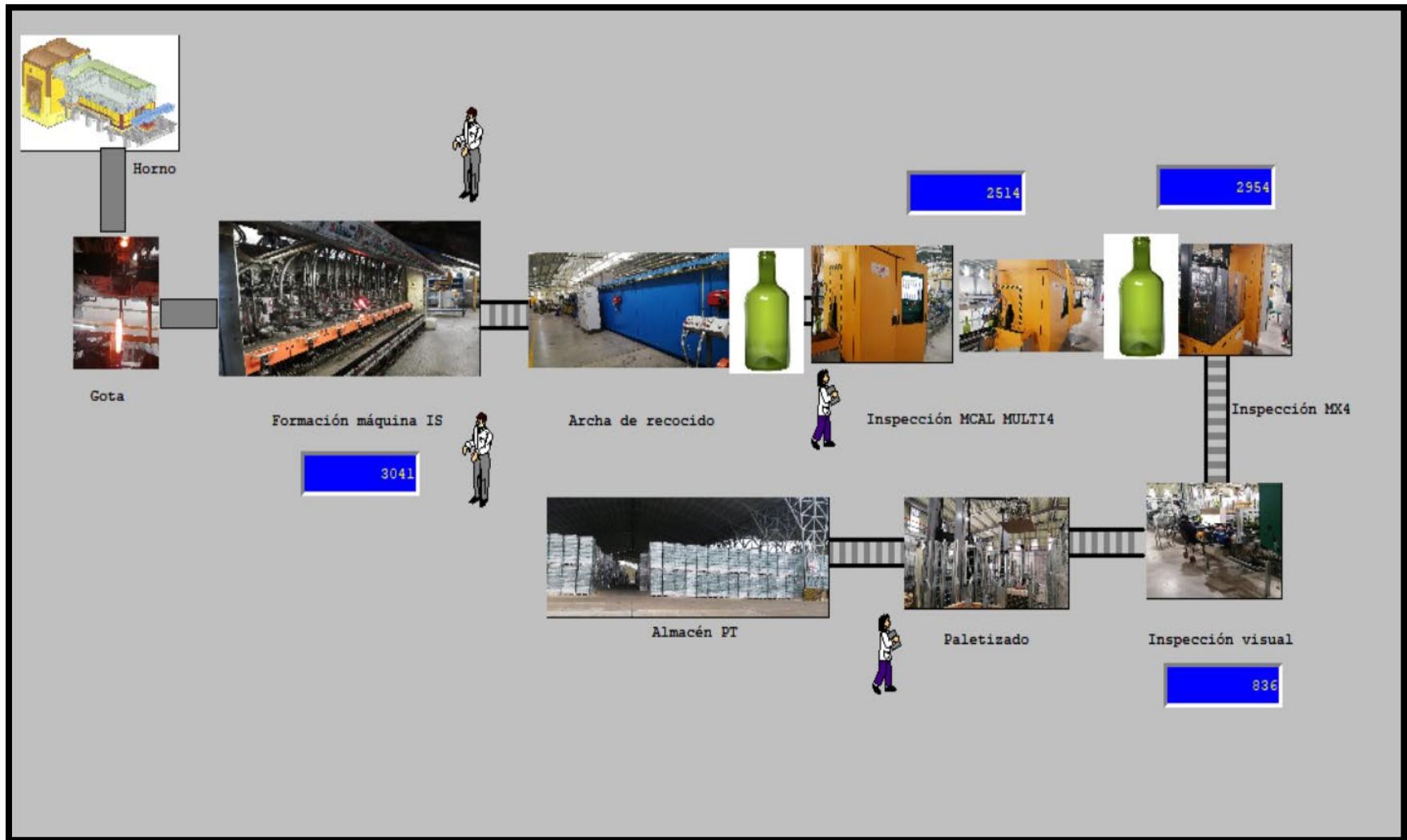
Son todos aquellos elementos que se fluyen a través del sistema. En este caso dichas entidades serán representadas por los pedidos de cada una de las diferentes referencias de producto. (ver ANEXO A).

3.4.7.2.3. Proceso (Processing)

Describe el funcionamiento del proceso para el entendimiento del sistema. Se contemplaron solo las actividades de tipo operativo y no las administrativas que pueden ser entradas o salidas de subprocessos o actividades asociadas al modelo.

Esta etapa está enmarcada por la información mostrada en las redes de proceso. A continuación, se describe el proceso en la siguiente figura.

Figura N° 33 Estado actual del proceso productivo ENVIBOL



Fuente: Elaboración propia – Promodel versión 7.5

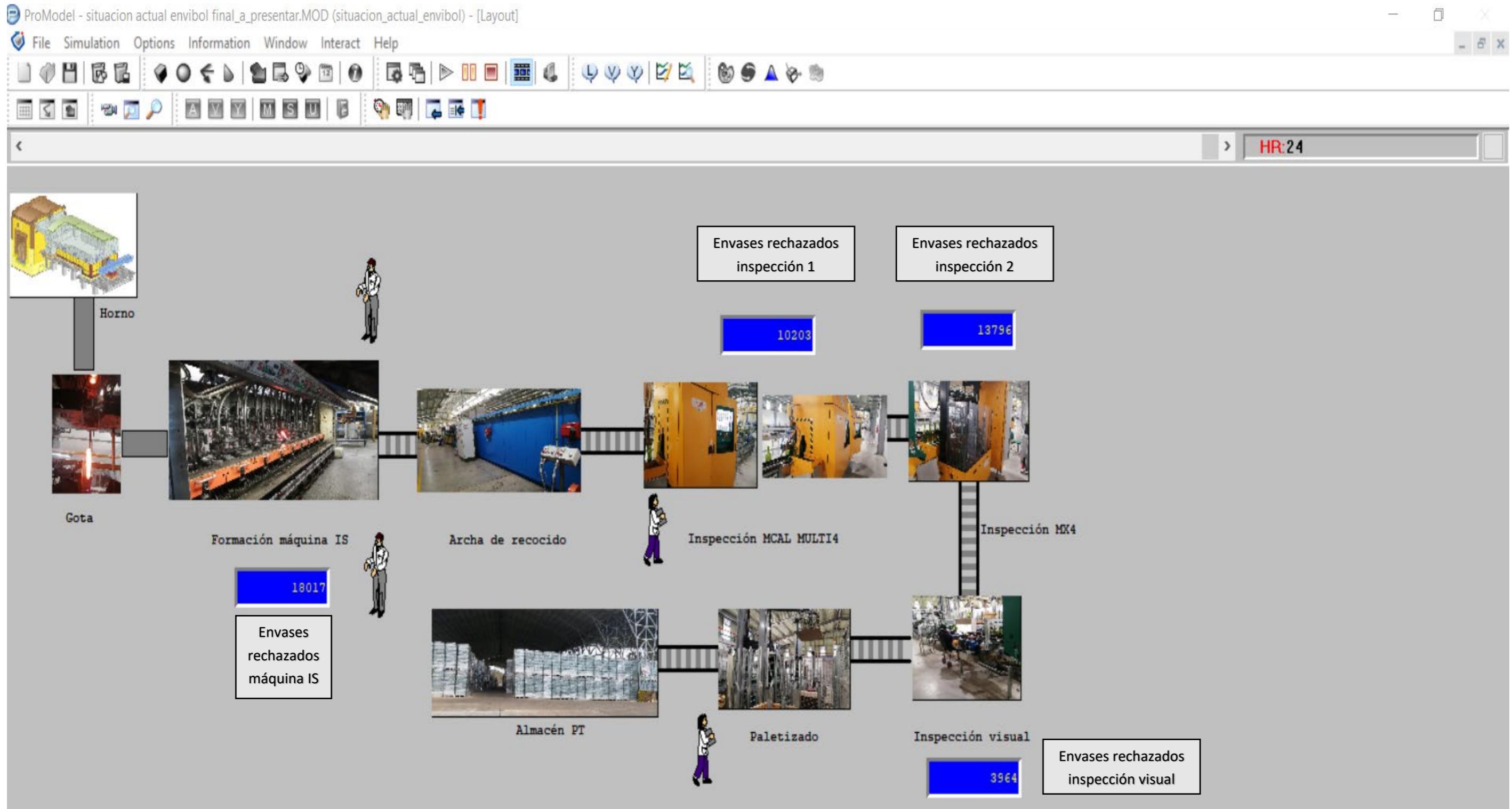
3.4.7.3. Validación del modelo

3.4.7.3.1. Objetivo del modelo

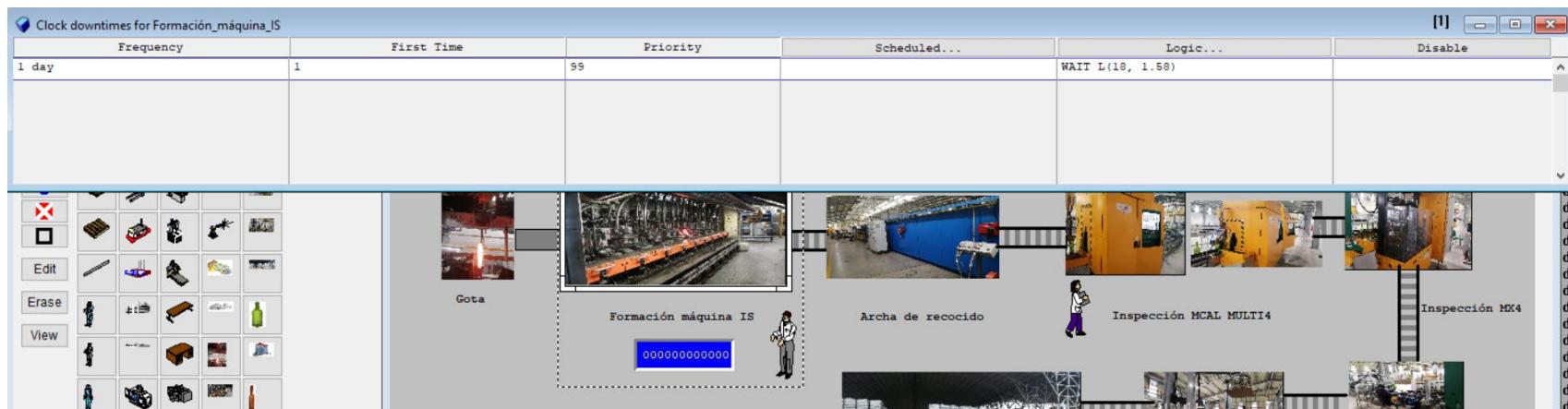
El objetivo de esta etapa es valorar las diferencias entre el funcionamiento de las variables del sistema (PROMODEL) y el sistema real de la empresa Envibol. Para validar este modelo se tuvo en la recolección de información en cuanto a las variables utilizadas como:

- ✓ Producción actual (**ver ANEXO A**).
- ✓ Variables de tiempos en el cambio, reparación y limpieza de moldería por día debido a que son los que más afectan a la productividad diaria en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL y son los cambios que más ocurren en el proceso de formación. Pudiendo resaltar que el resultado de la disminución también aplica al cambio de producción (**ver ANEXO B**).

Figura N° 34 Simulación proceso de producción ENVIBOL



Fuente: Elaboración propia – ProModel versión 7.5



Fuente: Elaboración propia – ProModel versión 7.5

El tiempo de cambio de moldería realizado por día se especifica en el grafico anterior según datos tomados en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL (ANEXO B) y de acuerdo a los defectos recurrentes mostrados en el ANEXO C se llevó a StatFit del simulador ProModel para determinar la distribución que siguen estos datos teniendo como resultado una distribución Lognormal como se muestra en el ANEXO D.

3.4.7.4. Resultados

Figura N° 35 Resultados obtenidos para un día de trabajo

General Report (Normal Run - Rep. 1)						
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	situacion actual envibol fi	
Name		Scheduled Time (DAY)		Capacity	Total Entries	
Horno		1,00	999999,00	126000,00		
horno a gota		1,00	999999,00	126000,00		
Gota		1,00	1,00	120960,00		
gota a máquina IS		1,00	999999,00	120960,00		
Formación máquina IS		1,00	1,00	120960,00		
maquina IS a archa		1,00	999999,00	102943,00		
Archa de recocido		1,00	1,00	102943,00		
archa a inspeccion		1,00	999999,00	102943,00		
Inspección MCAL MULTI4		1,00	1,00	92740,00		
inspeccion a mx4		1,00	999999,00	92740,00		
Inspección MX4		1,00	1,00	78944,00		
mx4 a inspeccion visual		1,00	999999,00	78944,00		
Inspección visual		1,00	1,00	74980,00		
inspeccion visual a paletizado		1,00	999999,00	74980,00		
Paletizado		1,00	1,00	74980,00		
paletizado a alamacen PT		1,00	999999,00	74980,00		
Almacén PT		1,00	1,00	74980,00		

General Report (Normal Run - Rep. 1)							
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables	
situacion actual envibol final_a_presentar.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (HR)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value	
envases rechazados máquina IS	18017,00	0,00	0,00	18017,00	18017,00	9425,46	
envases rechazados inspeccion1	10203,00	0,00	0,00	10203,00	10203,00	5271,72	
envases rechazados inspección2	13796,00	0,00	0,00	13796,00	13796,00	7149,84	
envases rechazados inspección visual	3964,00	0,01	0,00	3964,00	3964,00	2066,56	

Fuente: *Simulación en PROMODEL 7.5*

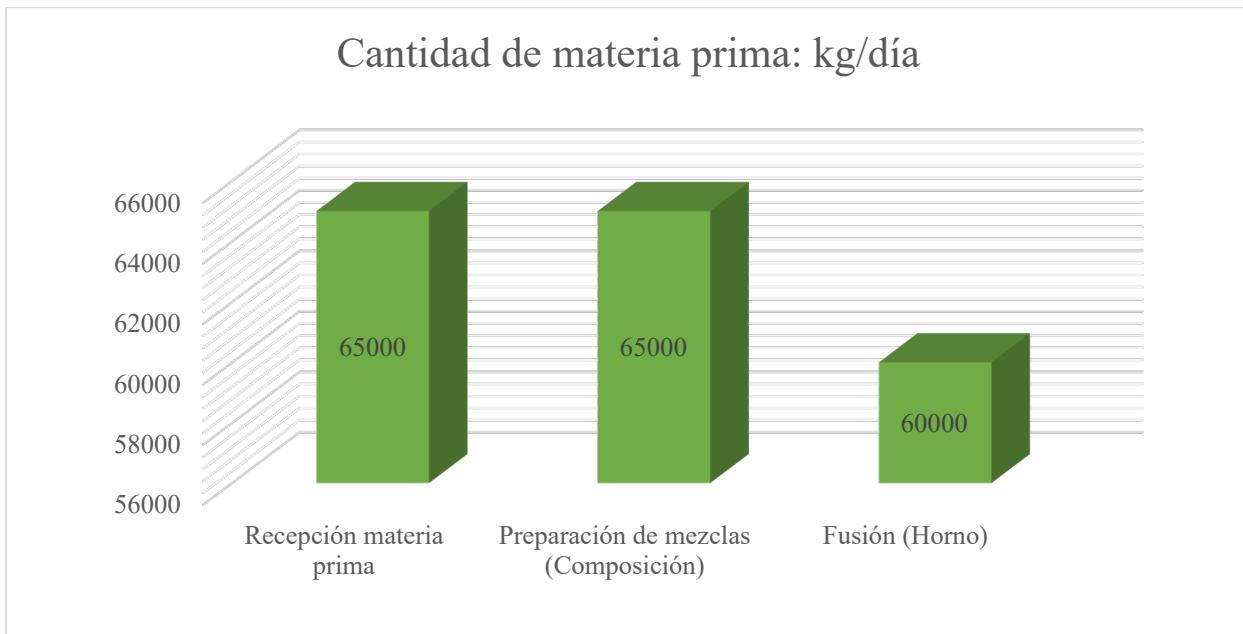
Cuadro N° 4: Comparación de resultados

Resultados	Producción/entrada (Envases)	Producción/salida (Envases)
Datos recabados de la fábrica de envases de vidrios ENVIBOL	120960	75026
Simulación en ProModel	120960	74980

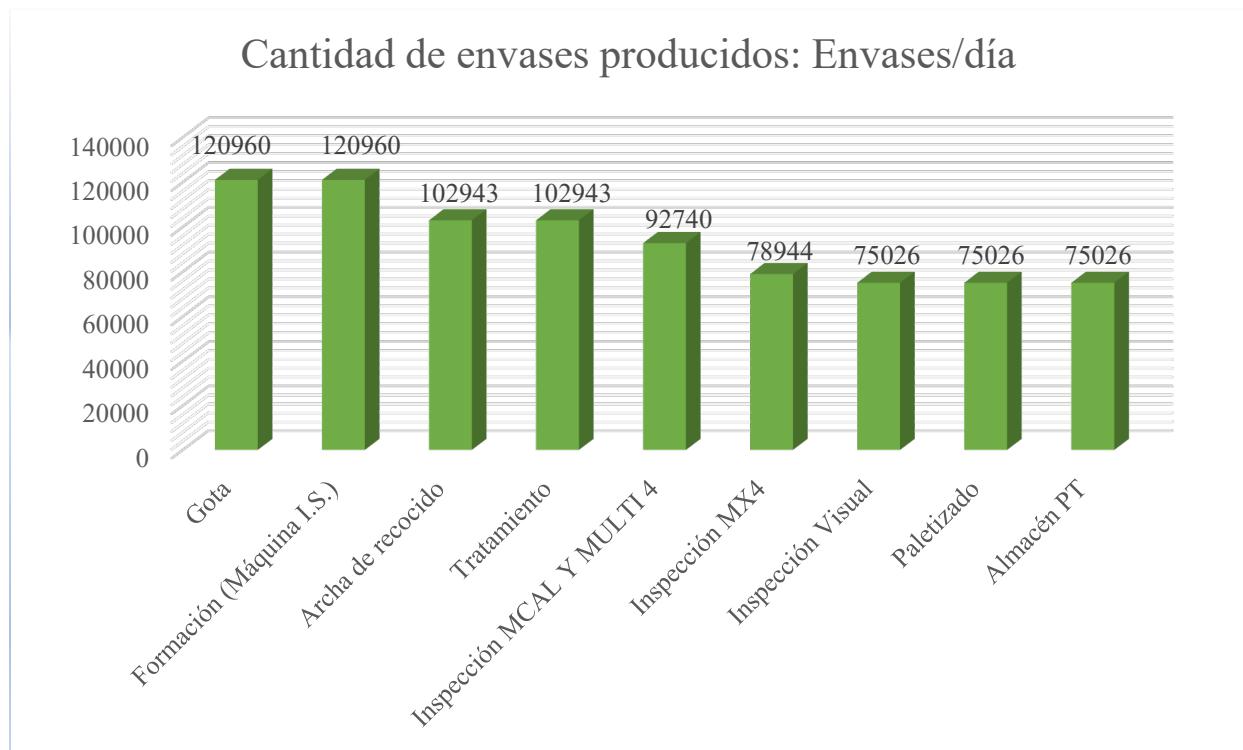
Fuente: *Elaboración propia (2021)*

En el cuadro anterior se observa que para una jornada de trabajo y una jornada de simulación con ProModel los resultados son casi similares, con una exactitud de aproximada de 99.8 % por parte del software de simulación.

GRÁFICO N° 1: PRODUCTIVIDAD ACTUAL ENVIBOL (VINO 700)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica para la producción de envases vino 700 ENVIBOL (2020)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica para la producción de envases vino 700 ENVIBOL (2020)

PLAN DE MEJORA METODOLOGÍA SMED

4.1. INTRODUCCIÓN

El plan de mejora consiste en la reducción de tiempos en las actividades de cambio de producción y cambio de moldería en el proceso productivo de formación de envases los mismos que demoran tiempos que ocasionan la paralización de la línea de producción de 20 a 21 horas en el cambio de producción y de 18 a 24 horas en una sección de la máquina I.S. por cambios de moldería por día lo que no permite poder cumplir con los pedidos retrasando los tiempos de entrega del producto, además de las pérdidas económicas causadas por detener la producción.

Es por ello que el presente capítulo pretende desarrollar un plan de mejora para la reducción de tiempos con la finalidad de reducir los tiempos en el cambio de producción y moldería y de esta manera aumentar la capacidad de producción de la línea.

4.2. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED

Una vez detectada la problemática existente en el diagnóstico de la empresa en la que se identificó la necesidad de reducir tiempos en el cambio de producto y de moldería con la finalidad de mejorar las condiciones actuales de la producción a través de la herramienta SMED.

4.2.1. Revisión del método actual del cambio de producción

Analizando el cambio de producción, se decide aplicar el SMED para la disminución de los tiempos, que actualmente tiene un tiempo de 20,78 horas.

ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)
1	0:40:00
2	0:15:00
3	0:02:00
4	0:03:00
5	0:02:00
6	3:50:00
7	0:10:00
8	0:05:00
9	0:03:00
10	0:07:00
11	3:41:66
12	0:30:00
13	5:50:00
14	0:20:00
15	0:10:00
16	0:45:00
17	2:00:00
18	2:40:00
19	2:00:00
20	0:05:00
21	0:05:00

$$1.247 \text{ min} \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 20.78 \text{ h}$$

4.2.1.1. Identificación de operaciones cambio interno y externo de cambio de producción

Al realizar la identificación, la tabla queda de la siguiente manera:

Siendo:

I= Operación interna

E= Operación externa

Tabla N° 22 Identificación de operaciones como de cambio interno o externo

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Alistamiento de elementos de moldería (del producto a producir) anotando las piezas que saldrán del área de moldería	40	I	
2	Llevar las piezas al área de formación (maquina IS):	15	I	
	Primera ida (en carrito con capacidad de 10 moldes)	5		
	Segunda ida	5		
	Tercera ida	5		
3	Parar y bloquear todas las secciones presionando el botón de parada, ubicado en la consola de control electrónico en maquina BOTTERO	2		E
4	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
5	Activar el rechazador general de envases en caliente.	2	I	
6	Sacar todas las piezas de moldería del producto saliente en todas las secciones (10 secciones):	210	I	
	Sacar los moldes salientes manualmente con el perno jalador.	30	I	
	Sacar el fondo de la cavidad levantándolo hacia arriba de forma manual.	30	I	
	Sacar el premolde saliente manualmente con el perno jalador.	30	I	
	Para sacar la corona girar las guías de reten ubicada en el brazo invertido, abriendo las dos mitades de la corona.	20	I	
	Para sacar la bomba o cabeza de soplo accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente retirar la cabeza de soplo liberando el pasador hacia arriba y girar la cabeza de soplo aproximadamente 45°.	20	I	
	Para sacar el pistón colocar manualmente el seguro de la bisagra de premolde, activar el mecanismo para subir el pistón ubicado en el bloque de válvulas, retirar manualmente la guía, girar 90° el seguro de sujeción del resorte de pistón y retirar manualmente el pistón.	20	I	
	Para sacar el bafle suspender el seguro del brazo de bafle y girar 45° para luego sacarlo.	15	I	
	Tomar el embudo manualmente (no tiene ningún seguro pero si una posición de encage con el porta embudo)	15	I	
	Retirar manualmente la tapa de la guía, mover manilla en el bloque de válvula para subir el cilindro de guía y presionar manualmente la guía hacia abajo y girarla 180° para retirarla.	15	I	
	Todas las piezas sacadas llevar a moldería.	15	I	
7	Realizar la limpieza de todas las secciones con ayuda de aire comprimido.	10	I	
8	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura del vidrio generada por la limpieza de las secciones.	5	I	
9	Ir al archa de recocido	3	I	
10	Cerrar la compuerta del archa de recocido y limpiar la rueda de transferencia.	7	I	
11	Realizar el cambio de todas las piezas de moldería del producto entrante en todas las secciones (10 secciones):	205	I	
	Realizar el cambio de moldes	30		
	Colocar manualmente los moldes en la guía de la bisagra de las secciones correspondiente	30		
	Realizar el cambio de fondos	30		
	Tomar el fondo nuevo y colocar en las partes del molde de la misma forma que se retiró. (en las 10 secciones)	30		
	Realizar el cambio de premoldes	30		
	Colocar manualmente el premolde en la guía de la bisagra de la sección correspondiente	30		
	Realizar el cambio de coronas	20		
	Colocar la nueva corona en el brazo invertido abriendo las dos mitades de las coronas y girando manualmente las guías de reten para sujetarlas.	20		
	Realizar el cambio de bomba o cabeza de soplo	20		
	Accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente introducir la nueva cabeza de soplo.	20		
	Realizar el cambio de pistón	30		
	Colocar el pistón de forma manual, activar el mecanismo para bajar el pistón, ubicado en el bloque de válvula, colocar en su posición el seguro de sujeción, colocar manualmente la guía y retirar el seguro de la bisagra de premolde.	30		
	Realizar el cambio de bafle	15		
	Colocar manualmente el bafle de repuesto de la misma manera que se sacó.	15		
	Realizar el cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)	15		
	Colocar el embudo de la misma manera que se retiró.	15		
	Realizar Cambio de guía (si es que lo requiere)	15		
	Colocar la nueva guía presionándolo hacia abajo y girándola 180°, mover la manilla en el bloque válvula para subir el cilindro de guía y colocar manualmente la tapa de la guía.	15		
12	Esperar que los moldes, premoldes calienten en todas las secciones	30	I	
13	Calibración – acondicionamiento de todas las secciones	330		E
14	Lubricación de moldería.	20		E
15	Iniciar el funcionamiento de todas las secciones de la maquina IS modo automático activando el interruptor en la posición de marcha y presionando el botón de arranque de las consolas de control electrónico en máquinas BOTTERO.	10	I	
16	Control de temperatura de moldes y premoldes y gota.	45		E
17	Realizar la recalificación de cada una de las secciones	120		E
18	Control de peso	60		E
19	Inspección en caliente de todas las secciones	120		E
20	Levantar la compuerta del archa de recocido	5		E
21	Desactivar el rechazador general de envases en caliente	5		E

Fuente: Elaboración propia (2021)

4.2.2. Revisión del método actual del cambio de moldería

Los cambios de moldería suelen ser programados por el supervisor de formación, los mismos pueden ser por el cambio de producto en la línea de producción o por defectos existentes en los envases por deficiencias en la parte mecánica de los mismos o fallo de sistema.

4.2.2.1. Identificación de operaciones cambio interno o externo de cambio de moldería

Las actividades ya se encuentran clasificadas en el punto 3.4.3.2.del diagnostico, ahora se procede a clasificar las mismas actividades en internas y externas.

Siendo:

I= Operación interna



E= Operación externa



Tabla N° 23 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de molde

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar molde del área de moldería al horno de precalentado del área de formación.	5	I	
2	Esperar el calentamiento del molde en el horno de precalentado	15	I	
3	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
4	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3	I	
5	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
6	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
7	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal.	1	I	
8	Retirar el molde presente en la cavidad con la ayuda del perno jalador.	3	I	
9	Llevar el molde del horno precalentador a la sección a cambiar	2	I	
10	Cambiar molde	5	I	
11	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio.	2	I	
12	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
13	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
14	Control de peso	5		E
15	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
16	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 24 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de premolde

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar premolde del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Sacar el premolde saliente manualmente con el perno jalador.	4	I	
8	Colocar manualmente el premolde en la guía de la bisagra de la sección correspondiente.	2	I	
9	Esperar a que el premolde caliente antes del funcionamiento de la sección.	10	I	
10	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
11	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
12	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
13	Control de peso	5		E
14	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
15	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 25 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de fondo

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Sacar el fondo de la cavidad levantándolo hacia arriba de forma manual.	2	I	
8	Tomar el fondo nuevo y colocar en las partes del molde de la misma forma que se retiró	2	I	
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
12	Control de peso	5		E
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 26 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de corona

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizara el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Girar las guías de reten ubicada en el brazo invertido, abriendo las dos mitades de la corona	5	I	
8	Colocar la nueva corona en el brazo invertido abriendo las dos mitades de las coronas y girando manualmente las guías de reten para sujetarla	5	I	
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
12	Control de peso	5		E
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 27 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bomba o cabeza de soplo

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula.	2	I	
8	Accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina	5	I	
9	Retirar la cabeza de soplo liberando el pasador hacia arriba y girar la cabeza de soplo aproximadamente 45°.	3	I	
10	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
11	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
12	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
13	Control de peso	5		E
14	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
15	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 28 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de pistón

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Colocar manualmente el seguro de la bisagra de premolde	1	I	
8	Activar el mecanismo para subir el pistón ubicado en el bloque de válvulas	2	I	
9	Retirar manualmente la guía	2	I	
10	Girar 90° el seguro de sujeción del resorte de pistón.	1	I	
11	Retirar manualmente el pistón	1	I	
12	Activar el mecanismo para bajar el pistón, ubicado en el bloque de válvula	1	I	
13	Colocar en su posición el seguro de sujeción.	1	I	
14	Colocar manualmente la guía	2	I	
15	Retirar el seguro de la bisagra de premolde	1	I	
16	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio.	2	I	
17	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
18	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
19	Control de peso	5		E
20	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
21	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 29 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bafle

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizara el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Suspender el seguro del brazo de baffle y girar 45° el baffle saliente para sacarlo	5	I	
8	Colocar manualmente el baffle de repuesto de la misma manera que se sacó.	5	I	
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
12	Control de peso	5		E
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 30 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Tomar el embudo manualmente (no tiene ningún seguro, pero si una posición de encaje con el porta embudo)	5	I	
8	Colocar el embudo de la misma manera que se retiró	2	I	
9	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
10	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
11	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
12	Control de peso	5		E
13	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
14	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 31 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de guía

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Retirar manualmente la tapa de la guía	1	I	
8	Mover manilla en el bloque válvula para subir el cilindro de guía	5	I	
9	Presionar manualmente la guía hacia abajo y girarla 180° para retirarla	5	I	
10	Colocar la guía de repuesto presionándolo hacia abajo y girándola 180°	2	I	
11	Mover la manilla de bloque válvula para subir el cilindro de guía.	1	I	
12	Colocar manualmente la tapa de la guía.	1	I	
13	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
14	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
15	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
16	Control de peso	5		E
17	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
18	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 32 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de brazo de bafle

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Asegurar que el brazo invertido este sobre el molde.	2	I	
8	Cerrar el brazo de premolde, aplicando la señal para cerrar el brazo de premolde ubicado en las consolas ubicados en el bloque de válvula	3	I	
9	Desmontar el brazo de baffle utilizando una llave de 19 milímetros.	3	I	
10	Montar el brazo con su respectivo baffle	5	I	
11	Usar el martillo de bronce para ajustar el brazo, asegurar que los bafles queden bien ajustados	10	I	
12	Verificar la alineación al frente y atrás, apretar suavemente los tornillos del brazo. Mover varias veces el mecanismo hacia arriba y hacia abajo. Apretar bien para asegurar el ajuste.	5	I	
13	Activar el mecanismo de reversión con la manilla ubicada en el bloque de válvulas.	5	I	
14	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
15	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
16	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
17	Control de peso	5		E
18	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
19	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: *Elaboración propia (2020)*

Tabla N° 33 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bisagra de premolde

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación.	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal .	1	I	
7	Desmontar el equipo de premolde y tapa de mesa usando una llave de 19 mm.	10	I	
8	Retirar los pasadores de la bisagra utilizando un tornillo de ¼.	5	I	
9	Aplicar la bajada del mecanismo del porta embudo utilizando la manilla ubicada en el bloque de válvulas.	5	I	
10	Aplicar la bajada del mecanismo del porta baffle utilizando la manilla de los bloques de válvula.	5	I	
11	Colocar la cadena de sujeción e insertar el gancho del winche del polipasto.	2	I	
12	Levantar y retirar la bisagra.	2	I	
13	Montar la bisagra de premolde nueva con el winche de polipasto y colocar los pasadores.	2	I	
14	Subir el mecanismo del porta baffle con la manilla ubicada en el bloque de válvula.	2	I	
15	Subir el mecanismo del porta embudo con la manilla ubicada en el bloque de válvula.	2	I	
16	Montar premolde.	2	I	
17	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio.	2	I	
18	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
19	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
20	Control de peso	5		E
21	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
22	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 34 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de bisagra de molde

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizará el cambio, se debe presionar el botón ROJO (parada de emergencia), el cual detiene de manera inmediata la sección en la que se realizará el cambio o solamente parar la ciclada de la sección con la botonera roja.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático esté cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Desmontar los moldes de la bisagra	10	I	
8	Retirar los pasadores que ajustan la bisagra	5	I	
9	Desmontar la bisagra utilizando el winche de polipasto	5	I	
10	Montar la bisagra nueva con el winche de polipasto y colocar los asadores para sujetar el mismo	5	I	
11	Montar los moldes en las bisagras	10	I	
12	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio, presionando el botón de desbloqueo o arranque de secciones (BOTÓN VERDE)	2	I	
13	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
14	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
15	Control de peso	5		E
16	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
17	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

Tabla N° 35 Clasificación de actividades externas e internas: Cambio de brazo invertido

Nº	Actividad	Tiempo (min.)	Clasificación de actividad	
			I	E
1	Llevar accesorios a cambiar del área de moldería a formación	5	I	
2	Parar el funcionamiento de la sección donde se realizara el cambio.	2		E
3	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	3		E
4	Activar el rechazador general de envases en caliente.	1	I	
5	Realizar la limpieza en la sección con la ayuda de aire comprimido.	2	I	
6	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura de vidrio generada por la limpieza de la sección.	1	I	
7	Retirar la corona según el paso (cambio de corona)	5	I	
8	Levantar y retirar el fondo del molde	2	I	
9	Activar el mecanismo para cerrar el molde	2	I	
10	Aflojar los brazos del invertido utilizando una extensión con un dado de 19 milímetros	5	I	
11	Retirar los brazos del invertido y posteriormente montar los nuevos	5	I	
12	Calibrar los brazos con una galga de 1.5 milímetros y golpear suavemente los invertidos hasta que estén nivelados, seguidamente apretar los tornillos utilizando la extensión con el dado de 19 milímetros	10	I	
13	Liberar el brazo invertido y colocar la corona	2	I	
14	Activar el mecanismo para abrir el molde ubicado en la parte inferior al frente de la maquina	2	I	
15	Activar la reversión con la manilla ubicada en el bloque de válvulas	2	I	
16	Colocar los fondos del molde	5	I	
17	Iniciar nuevamente la producción de la sección en la que se realizó el cambio.	2	I	
18	Cargar vidrio a la sección afectada y mantener el rechazo individual de la sección.	5		E
19	Realizar la recalificación de sección según lo establecido.	10		E
20	Control de peso	5		E
21	Registrar el cambio de pieza y recalificación de la sección.	5		E
22	Desactivar rechazo individual de la sección.	2		E

Fuente: Elaboración propia (2020)

4.2.3. Identificación de operaciones

Como se puede apreciar en las tablas del capítulo 3 el diagnóstico y en el punto 4.2.1 y 4.2.2 en la clasificación de las operaciones externas e internas en el cambio de producción y cambio de moldería las mismas en su gran mayoría se tienen que realizar con la paralización de la línea de producción.

Para poder reducir el tiempo de cambio mediante la técnica del SMED, es necesario generar una cultura de economía, orden, limpieza, disciplina y compromiso dentro de la empresa, ya que estos son factores fundamentales para la reducción de los tiempos de cambio, es decir, de una manera ordenada y disciplinada se logrará obtener la mejora que se desea en el lugar de trabajo.

Es conveniente también conocer otras dos técnicas que van a complementar a la herramienta SMED para su correcta aplicación, estas técnicas son 3μ y 5'S.

4.2.3.1 Técnica 3 μ

Esta es una técnica japonesa y se define como la eliminación en los procesos de fabricación de excesos (Muri), de desperdicios (Muda) y de variabilidad (Mura).

4.2.3.1.1. Muri

Sin exceso significa la eliminación en nuestro sistema de trabajo de todo lo que no es necesario para agregar valor, algunos ejemplos son:

- Mano de obra.
- Tiempo.
- Herramientas.
- Materiales.
- Inventarios.

4.2.3.1.2. Muda

Desperdicio son todas aquellas actividades ejecutadas que no se traducen en una mejora tangible, es decir, que no agregan valor en los atributos del producto a los ojos de los clientes y que, por el contrario, contribuyen al incremento innecesario en costos. Algunos ejemplos de desperdicio son:

1. Desperdicio de sobreproducción:

- Producir más de lo requerido por el cliente.
- Producir “por si acaso”.
- Producir “para estar seguros”.

2. Desperdicio de inventario:

- En proceso.
- De materia prima, materiales, partes, refacciones.
- De producto terminado.

3. Desperdicio de transporte:

- Los clientes no pagan por el movimiento de sus productos.
- Todos los cambios de lugar de materiales, partes o productos en proceso.

4. Desperdicio por producción de partes defectuosas:

- Producto rechazado
- Producto devuelto por el cliente.
- Producto que requiere retrabajo para ser vendido.
- Producto de menor precio por no cumplir las especificaciones del cliente.

5. Desperdicio de movimiento:

- Se produce cuando el operador tiene que buscar materiales, traer cosas, ajustar partes, etc.

6. Desperdicio de tiempo:

- Retrasos de producción por paros en maquinaria y equipos.
- Tiempo de cambio de herramientales.
- Lentitud en operaciones consideradas “cuello de botella”.

4.2.3.1.3. Mura

Todos los procesos tienen variación y deben ser controlados, los límites de control de un proceso se deben ir cerrando conforme se van encontrando las causas de los problemas para eliminarlos, existen dos causas principales que originan variación:

- **Causas comunes:** Son causas de variaciones naturales, esperadas y siempre se encuentran presentes en el proceso.
- **Causas especiales:** No forman parte natural del sistema.

4.2.3.1.4 Beneficios de la técnica 3 μ

La aplicación de los conceptos de la técnica “3 μ ”, ayudara al SMED a:

- Eliminar todas las actividades que no agregan valor al cambio de producción o moldería.
- Optimizar aquellas actividades que no agregan valor, pero son necesarias realizar.
- Reducir la variación de procesos mediante la estandarización de estos.

4.2.3.2. Técnica de 5'S

Esta es otra técnica japonesa que traducida al español significa:

- SEIRI: Clasificar y mantener solo lo necesario para el trabajo.
- SEITON: Organizar lo que es necesario en el área de trabajo.
- SEISO: Limpiar lo que sirve y alrededor del área de trabajo.
- SHITSUKE: Mantener estandarizado y disciplinado lo que sirve.
- SHUKAN: Compromiso de hacer lo anterior en todas las actividades.

4.2.3.2.1. Clasificar

El objetivo de la clasificación es distinguir entre lo necesario e innecesario y eliminar TODO LO NO NECESARIO, ejemplo de esto es la eliminación de inventarios o la eliminación

de actividades u operaciones que no agregan valor, también en esta etapa puede surgir el problema de que algunas cosas se utilizan en todo momento, otras se utilizan esporádicamente, algunas casi nunca y otras definitivamente nunca se utilizan.

Para determinar la clasificación de artículos, herramientas, dispositivos, etc., de acuerdo al uso que estas tengan o la periodicidad con las que se ejecuten, se establece los distintos tipos de frecuencias:

1. Artículos sin uso: Deshacerse de ellos.
2. Artículos casi nunca usados: Guardar en lugar distante.
3. Artículos usados alguna vez: Acomodarlos cerca del área de trabajo.
4. Artículos usados en todo momento: Tenerlos en el área de trabajo.

4.2.3.2.2. Organizar

El objetivo es determinar un lugar para cada cosa y cada cosa ponerla en su lugar, es necesario enlistar cada artículo y determinar la frecuencia de uso, agruparlos y acomodarlos de una manera sencilla y accesible, con la organización se mejora el tiempo de respuesta y cualquiera puede hallar de manera fácil y rápida algún artículo, herramienta, dispositivo u objeto.

4.2.3.2.3. Limpiar

El objetivo es encontrar toda causa de suciedad y eliminarla, con esto se mejora la calidad, la seguridad y el medio ambiente. Es necesario realizar un programa de limpieza para que esta sea realizada de manera periódica y de esta manera detectar las causas que originan la suciedad para eliminarlas de raíz.

4.2.3.2.4. Estandarizar

El objetivo es lograr la disciplina y garantizar el mantener los logros obtenidos, es necesario estandarizar las actividades mediante procedimientos y métodos escritos, también hay que establecer indicadores que nos permitan conocer el grado de mejora a través del tiempo.

4.2.3.2.5. Compromiso

El objetivo es lograr la mejora continua de nuestro trabajo innovando los sistemas actuales, identificando problemas hallando sus causas y eliminándolas de raíz. Como la mejora continua es un proceso que nunca termina se basa por completo en la filosofía Deming:

- Planear.
- Hacer.
- Verificar.
- Actuar.

4.2.3.2.6. Resistencias

Algunas de las frases que comúnmente se escuchan en una empresa para la aplicación de la técnica de 5'S son:

- ¿Por qué es tan importante clasificar y organizar?
- ¿Por qué limpiar si se va a ensuciar de nuevo?
- Tengo un desorden, pero se dónde está todo.
- La empresa no necesita hacer 5'S, necesita ganar dinero.

4.2.3.2.7. La implantación de la técnica de 5'S ayudará a la metodología SMED de la siguiente manera:

- La disminución del tiempo de cambio logra la diversificación de productos.
- El tener ordenado los moldes, premoldes, accesorios, dispositivos, etc., disminuye el tiempo de búsqueda.
- Un equipo limpio tendrá menos riesgos de falla.
- El tiempo de cambio de moldería disminuye porque todo lo necesario está listo y ordenado.
- Los trabajadores tienen un mejor desempeño en un área limpia y ordenada.
- Eliminar las demoras evita el generar inventarios.

- Eliminar los movimientos de producto terminado innecesarios.
- Eliminar paros de maquinaria y equipo.
- Ampliar el espacio de trabajo.
- Eliminar actividades que no agregan valor.
- Realizar entregas a tiempo.
- Se disminuye el ausentismo.
- Se disminuyen los accidentes de trabajo.
- Se elimina el tiempo extra innecesario.

Habiendo comprendido los conceptos de las técnicas 3μ y 5'S, podemos ahora pasar a la siguiente etapa de la aplicación de la técnica del SMED.

4.2.4. Cambio de Moldería- Cambio de producción

Cuando se realiza el cambio de producción, corresponde al cambio de moldería específica según el producto que este programado para su producción especificados en la siguiente tabla.

Tabla N° 36 Accesorios para cambio de moldería

MOLDERÍA	DEFINICIÓN	IMAGEN
Molde	Pieza metalica donde se forma el envase de vidrio.	
Pre molde	Pieza o componenete de un equipo de molde que se utiliza durante el proceso de la fabricacion del envase de vidrio, el mismo actua durante la operación para formar un parison de vidrio que es la parte inicial de la formacion del envase.	
Corona	Pieza mecanizada que, en conjunto con otros componenetes como piston, guia y anillo, tienen la funcion de formar el acabado del envase.	
Fondo	Parte sobre el cual se asienta el envase en su posicion vertical o parada.	
Pistón	Componente para la formacion del acabado del envase.	
Cabeza de soplo	Pieza mecanizada que forma parte del equipo de molderia, utilizada para completar el soplado de asentamiento y para sellar la entrega de la gota en el momento del contrasoplado	
Baffle	Pieza mecanizada que forma parte del equipo de molderia, utilizada para completar el soplado de asentamiento y para sellar la entrega de la gota en el momento del contrasoplado	
Embudo	Componenete del equipo de molderia que se utiliza durante el proceso para acenturar el soplado de asentamiento o formacion del acabado en vidrio en combinacion del premolde y bafle.	
Pinzas	Herramienta consistente en sujetador de botellas calientes construidas en platina acerada y garfios de bronce.	
Guía	Pieza mecanizada que en conjunto con otros componenentes tales como el piston, anillo y corona, tienen la funcion de formar el acabado del envase. (Para todos los envases es la misma, solo se cambia cuando presenta algun daño)	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la fábrica ENVIBOL (2021)

4.2.5. Equipos críticos para la reparación de maquina cuando existe defecto

Tabla N° 37 Accesorios para cambio de moldería

EQUIPO	DEFINICIÓN	IMAGEN
Bisagra	Mecanismo para la apertura o cierre de una puerta, ventana o tapa o para articular dos superficies; consiste en dos piezas metálicas o de plástico que están articuladas por un eje común y se fijan en dos superficies separadas, generalmente una móvil y otra fija, como una puerta o ventana y su marco, y permite el giro de una de estas piezas sobre la otra para juntar o separar las superficies.	
Brazo invertido	Equipo utilizado para colocar las coronas y realizar la transferencia del parison o vela desde el premolde hacia el molde.	
Pinzas	Herramienta consistente en sujetador de botellas calientes construidas en platina acerada y garfios de bronce.	

Fuente: *Elaboración propia en base a datos obtenidos de la fábrica ENVIBOL (2021)*

4.3. IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5'S: CAMBIO DE MOLDERÍA PARA REDUCIR TIEMPOS

4.3.1. Manual de procedimiento

La redacción del manual de procedimientos debe ser clara y precisa, para la correcta comprensión y aplicación de la empresa ENVIBOL, el detalle del contenido del procedimiento de las 5'S se encuentra desarrollado de manera amplia en el **ANEXO E**.

4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED

Para la implementación de la herramienta SMED se realizó una matriz de ponderación para la eliminación de actividades o la reducción en un porcentaje de acuerdo a la actividad realizada, este cuadro se especifica a detalle en el **ANEXO F**.

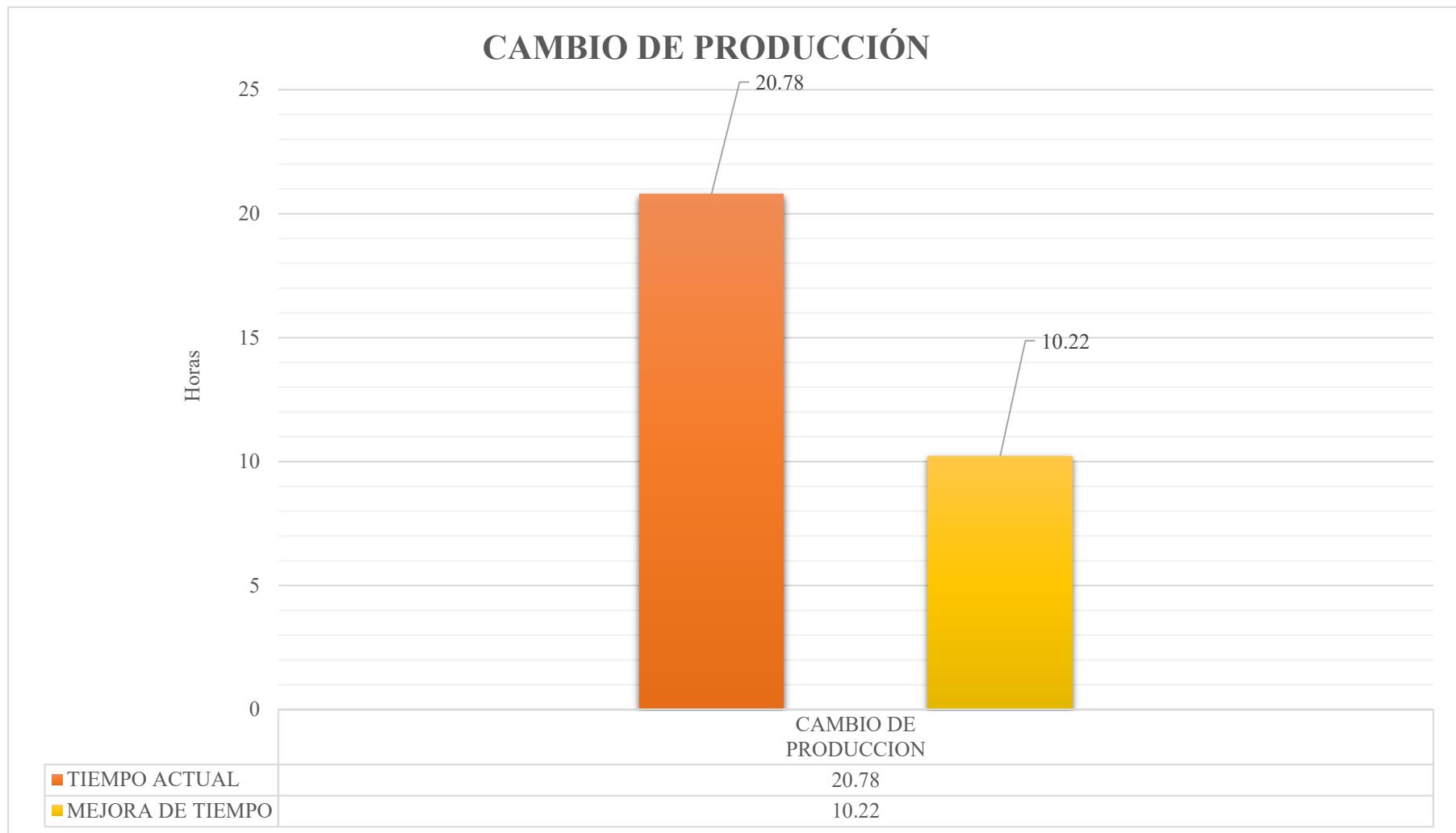
4.5. TIEMPOS PROMEDIOS CAMBIO DE PRODUCCIÓN

Tabla N° 38 Tiempos de cambio de producción

Nº	Actividad realizada	Tiempo(min.)	Clasificación de actividad	Mejora de tiempos
1	Alistamiento de elementos de moldería (del producto a producir) anotando las piezas que saldrán del área de moldería	00:40:00	E	00:04:00
2	Llevar las piezas al área de formación (maquina IS):	00:15:00	E	00:00:00
	Primera ida (en carrito con capacidad de 10 moldes)	00:05:00	E	00:00:00
	Segunda ida	00:05:00	E	00:00:00
	Tercera ida	00:05:00	E	00:00:00
3	Parar y bloquear todas las secciones presionando el botón de parada, ubicado en la consola de control electrónico en maquina BOTTERO	00:02:00	E	00:00:36
4	Verificar que el aire de enfriamiento de control automático este cerrado antes del cambio.	00:03:00	E	00:01:00
5	Activar el rechazador general de envases en caliente.	00:02:00	E	00:00:00
6	Sacar todas las piezas de moldería del producto saliente en todas las secciones (10 secciones):	00:210:00	I	00:105:00
	- Sacar los moldes salientes manualmente con el perno jalador.	00:30:00	I	00:15:00
	- Sacar el fondo de la cavidad levantándolo hacia arriba de forma manual.	00:30:00	I	00:15:00
	- Sacar el premolde saliente manualmente con el perno jalador.	00:30:00	I	00:15:00
	- Para sacar la corona girar las guías de reten ubicada en el brazo invertido, abriendo las dos mitades de la corona.	00:20:00	I	00:10:00
	- Para sacar la bomba o cabeza de soplo accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente retirar la cabeza de soplo liberando el pasador hacia arriba y girar la cabeza de soplo aproximadamente 45°.	00:20:00	I	00:10:00
	- Para sacar el pistón colocar manualmente el seguro de la bisagra de premolde, activar el mecanismo para subir el pistón ubicado en el bloque de válvulas, retirar manualmente la guía, girar 90° el seguro de sujeción del resorte de pistón y retirar manualmente el pistón.	00:20:00	I	00:10:00
	- Para sacar el bafle suspender el seguro del brazo de bafle y girar 45° para luego sacarlo.	00:15:00	I	00:10:00
	- Tomar el embudo manualmente (no tiene ningún seguro pero si una posición de encaje con el porta embudo)	00:15:00	I	00:10:00
	- Retirar manualmente la tapa de la guía, mover manilla en el bloque de válvula para subir el cilindro de guía y presionar manualmente la guía hacia abajo y girarla 180° para retirarla.	00:15:00	I	00:10:00
	- Todas las piezas sacadas llevar a moldería.	00:15:00	E	00:00:00
7	Realizar la limpieza de todas las secciones con ayuda de aire comprimido.	00:10:00	I	00:04:00
8	Realizar la limpieza de los empujadores y transportador frontal debido a la salpicadura del vidrio generada por la limpieza de las secciones.	00:05:00	I	00:02:00
9	Ir al archa de recocido	00:03:00	E	00:00:00
10	Cerrar la compuerta del archa de recocido y limpiar la rueda de transferencia.	00:07:00	E	00:00:00
11	Realizar el cambio de todas las piezas de moldería del producto entrante en todas las secciones (10 secciones):	00:205:00	I	00:102:05
	Realizar el cambio de moldes	00:30:00	I	00:20:00
	- Colocar manualmente los moldes en la guía de la bisagra de las secciones correspondiente	00:30:00	I	00:20:00
	Realizar el cambio de fondos	00:30:00	I	00:10:00
	- Tomar el fondo nuevo y colocar en las partes del molde de la misma forma que se retiró. (en las 10 secciones)	00:30:00	I	00:10:00
	Realizar el cambio de premoldes	00:30:00	I	00:20:00
	- Colocar manualmente el premolde en la guía de la bisagra de la sección correspondiente	00:30:00	I	00:20:00
	Realizar el cambio de coronas	00:20:00	I	00:10:00
	- Colocar la nueva corona en el brazo invertido abriendo las dos mitades de las coronas y girando manualmente las guías de reten para sujetarlas.	00:20:00	I	00:10:00
	Realizar el cambio de bomba o cabeza de soplo	00:20:00	I	00:10:00
	- Accionar la manilla del invertido en reversa, ubicado en el bloque de válvula, accionar la manilla del mecanismo de la cabeza de soplo ubicada en el frente de la parte inferior de la máquina para finalmente introducir la nueva cabeza de soplo.	00:20:00	I	00:10:00
	Realizar el cambio de pistón	00:30:00	I	00:15:00
	- Colocar el pistón de forma manual, activar el mecanismo para bajar el pistón, ubicado en el bloque de válvula, colocar en su posición el seguro de sujeción, colocar manualmente la guía y retirar el seguro de la bisagra de premolde.	00:30:00	I	00:15:00
	Realizar el cambio de bafle	00:15:00	I	00:05:00
	- Colocar manualmente el bafle de repuesto de la misma manera que se sacó.	00:15:00	I	00:05:00
	Realizar el cambio de embudo (solo aplica al proceso soplo-soplo)	00:15:00	I	00:06:00
	- Colocar el embudo de la misma manera que se retiró.	00:15:00	I	00:06:00
	Realizar Cambio de guía (si es que lo requiere)	00:15:00	I	00:06:00
	- Colocar la nueva guía presionándolo hacia abajo y girándola 180°, mover la manilla en el bloque válvula para subir el cilindro de guía y colocar manualmente la tapa de la guía.	00:15:00	I	00:06:05
12	Esperar que los moldes, premoldes calienten en todas las secciones	00:30:00	E	00:00:00
13	Calibración – acondicionamiento de todas las secciones	00:330:00	E	00:165:00
14	Lubricación de moldería.	00:20:00	E	00:10:00
15	Iniciar el funcionamiento de todas las secciones de la maquina IS modo automático activando el interruptor en la posición de marcha y presionando el botón de arranque de las consolas de control electrónico en máquinas BOTTERO.	00:10:00	I	00:03:00
16	Control de temperatura de moldes y premoldes y gota.	00:45:00	E	00:23:00
17	Realizar la recalificación de cada una de las secciones	00:120:00	E	00:36:00
18	Control de peso	00:60:00	E	00:30:00
19	Inspección en caliente de todas las secciones	00:120:00	E	00:36:00
20	Levantar la compuerta del archa de recocido	00:05:00	E	00:00:00
21	Desactivar el rechazador general de envases en caliente	00:05:00	E	00:02:05
TOTAL		1.247	-	613,46

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 2: Tiempos promedios de cambio de producción



Fuente: *Elaboración propia (2021)*

4.6. TIEMPOS PROMEDIOS CAMBIO DE MOLDERIA SEGÚN ACTIVIDADES

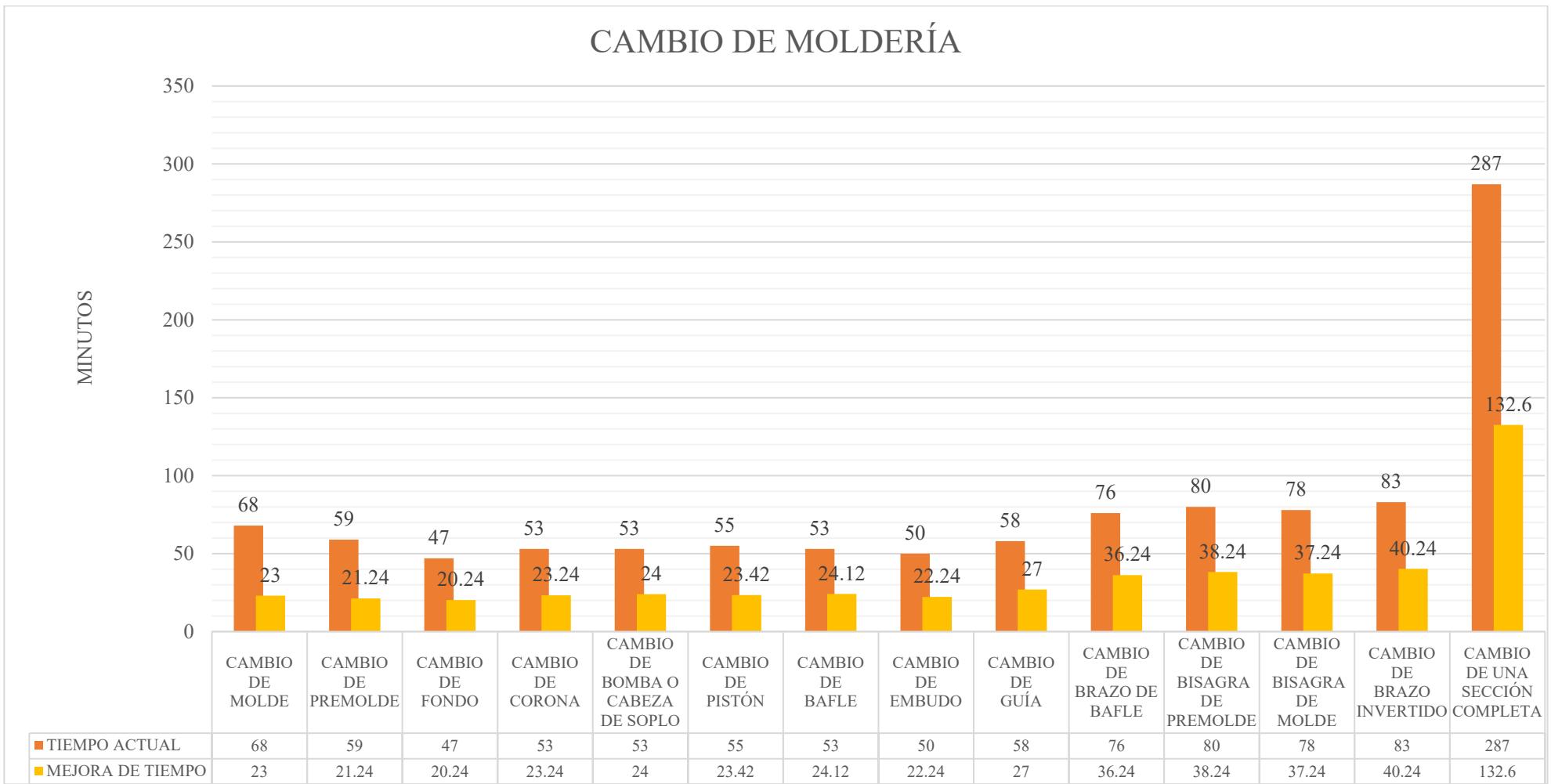
CAMBIO DE MOLDE			CAMBIO DE PREMOLDE			CAMBIO DE FONDO			CAMBIO DE CORONA			CAMBIO DE BOMBA O CABEZA DE SOPLO		
ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA
1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00
2	00:15:00	00:00:00	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36
3	00:02:00	00:00:36	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00
4	00:03:00	00:01:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00
5	00:01:00	00:00:00	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48
6	00:02:00	00:00:48	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24
7	00:01:00	00:00:24	7	00:04:00	00:02:00	7	00:02:00	00:01:00	7	00:05:00	00:03:00	7	00:02:00	00:01:00
8	00:03:00	00:01:30	8	00:02:00	00:01:00	8	00:02:00	00:01:00	8	00:05:00	00:03:00	8	00:05:00	00:03:00
9	00:02:00	00:00:00	9	00:10:00	00:00:00	9	00:02:00	00:00:36	9	00:02:00	00:00:36	9	00:03:00	00:01:30
10	00:05:00	00:03:00	10	00:02:00	00:00:36	10	00:05:00	00:00:50	10	00:05:00	00:00:50	10	00:02:00	00:00:36
11	00:02:00	00:00:36	11	00:05:00	00:05:00	11	00:10:00	00:03:00	11	00:10:00	00:03:00	11	00:05:00	00:05:00
12	00:05:00	00:05:00	12	00:10:00	00:03:00	12	00:05:00	00:03:00	12	00:05:00	00:03:00	12	00:10:00	00:03:00
13	00:10:00	00:03:00	13	00:05:00	00:03:00	13	00:05:00	00:03:00	13	00:05:00	00:03:00	13	00:05:00	00:03:00
14	00:05:00	00:03:00	14	00:05:00	00:03:00	14	00:02:00	00:01:00	14	00:02:00	00:01:00	14	00:05:00	00:03:00
15	00:05:00	00:03:00	15	00:02:00	00:01:00							15	00:02:00	00:01:00
16	00:02:00	00:01:00												
TOTAL	01:08:00	00:23:00	TOTAL	00:59:00	00:21:24	TOTAL	00:47:00	00:20:24	TOTAL	00:53:00	00:23:24	TOTAL	00:53:00	00:24:00

CAMBIO DE PISTÓN			CAMBIO DE BAFFLE			CAMBIO DE EMBUDO (SOLO APLICA AL PROCESO SOPLO-SOPLO)			CAMBIO DE GUÍA		
ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA
1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00
2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36
3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00
4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00
5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48
6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24
7	00:01:00	00:00:30	7	00:05:00	00:03:00	7	00:05:00	00:03:00	7	00:01:00	00:00:30
8	00:02:00	00:01:00	8	00:05:00	00:03:00	8	00:02:00	00:01:00	8	00:05:00	00:03:00
9	00:02:00	00:01:00	9	00:02:00	00:00:36	9	00:02:00	00:00:36	9	00:05:00	00:03:00
10	00:01:00	00:00:30	10	00:05:00	00:05:00	10	00:05:00	00:05:00	10	00:02:00	00:01:00
11	00:01:00	00:00:30	11	00:10:00	00:03:00	11	00:10:00	00:03:00	11	00:01:00	00:00:30
12	00:01:00	00:00:30	12	00:05:00	00:03:00	12	00:05:00	00:03:00	12	00:01:00	00:00:30
13	00:01:00	00:00:30	13	00:05:00	00:03:00	13	00:05:00	00:03:00	13	00:02:00	00:00:36
14	00:02:00	00:01:00	14	00:02:00	00:01:00	14	00:02:00	00:01:00	14	00:05:00	00:05:00
15	00:01:00	00:00:30							15	00:10:00	00:03:00
16	00:02:00	00:00:36							16	00:05:00	00:03:00
17	00:05:00	00:05:00							17	00:05:00	00:03:00
18	00:10:00	00:03:00							18	00:02:00	00:01:00
19	00:05:00	00:03:00									
20	00:05:00	00:03:00									
21	00:02:00	00:01:00									
TOTAL	00:55:00	00:23: 42	TOTAL	00:53:00	00:24:12	TOTAL	00:50:00	00:22:24	TOTAL	00:58:00	00:27:00

CAMBIO DE BRAZO DE BAFILE			CAMBIO DE BISAGRA DE PREMOLDE			CAMBIO DE BISAGRA DE MOLDE			CAMBIO DE BRAZO INVERTIDO		
ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA	ACTIVIDAD	TIEMPO (min.)	MEJORA
1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05:00	00:00:00	1	00:05	00:00:00
2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02:00	00:00:36	2	00:02	00:00:36
3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03:00	00:01:00	3	00:03	00:01:00
4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01:00	00:00:00	4	00:01	00:00:00
5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02:00	00:00:48	5	00:02	00:00:48
6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01:00	00:00:24	6	00:01	00:00:24
7	00:02:00	00:01:00	7	00:10:00	00:05:00	7	00:10:00	00:05:00	7	00:05	00:03:00
8	00:03:00	00:01:30	8	00:05:00	00:03:00	8	00:05:00	00:03:00	8	00:02	00:01:00
9	00:03:00	00:01:30	9	00:05:00	00:03:00	9	00:05:00	00:03:00	9	00:02	00:01:00
10	00:05:00	00:03:00	10	00:05:00	00:03:00	10	00:05:00	00:03:00	10	00:05	00:03:00
11	00:10:00	00:05:00	11	00:02:00	00:01:00	11	00:10:00	00:05:00	11	00:05	00:03:00
12	00:05:00	00:03:00	12	00:02:00	00:01:00	12	00:02:00	00:00:36	12	00:10	00:05:00
13	00:05:00	00:03:00	13	00:02:00	00:01:00	13	00:05:00	00:05:00	13	00:02	00:01:00
14	00:02:00	00:00:36	14	00:02:00	00:01:00	14	00:10:00	00:03:00	14	00:02	00:01:00
15	00:05:00	00:05:00	15	00:02:00	00:01:00	15	00:05:00	00:03:00	15	00:02	00:01:00
16	00:10:00	00:03:00	16	00:02:00	00:01:00	16	00:05:00	00:03:00	16	00:05	00:03:00
17	00:05:00	00:03:00	17	00:02:00	00:00:36	17	00:02:00	00:01:00	17	00:02	00:00:36
18	00:05:00	00:03:00	18	00:05:00	00:05:00				18	00:05	00:05:00
19	00:02:00	00:01:00	19	00:10:00	00:03:00				19	00:10	00:03:00
			20	00:05:00	00:03:00				20	00:05	00:03:00
			21	00:05:00	00:03:00				21	00:05	00:03:00
			22	00:02:00	00:01:00				22	00:02	00:01:00
TOTAL	01:16:00	00:36:24	TOTAL	01:20:00	00:38:24	TOTAL	01:18:00	00:37:24	TOTAL	01:23:00	00:40:24

Fuente: Elaboración propia (2021)

GRÁFICO N° 3: Tiempos promedios de cambio de moldería



Fuente: *Elaboración propia (2021)*

4.7. MÉTODO PROPUESTO

Analizando los nuevos tiempos del cambio de moldería y cambio de producción (reducción de 50 % a 60%) y con las inversiones para la ejecución del cambio, ahora el nuevo método para agilizar esta operación es el siguiente:

4.7.1. Mano De obra

En el método anterior para el cambio de moldería o producción, solamente estaba involucrado el personal de mantenimiento de máquinas I.S. (2 personas) por turno y el personal de formación I.S. (2 personas) por turno, en el método propuesto se agregan 3 personas del área de producción para que el equipo de cambio de moldería o producción, sea de 7 personas en una línea (1 persona a cada turno).

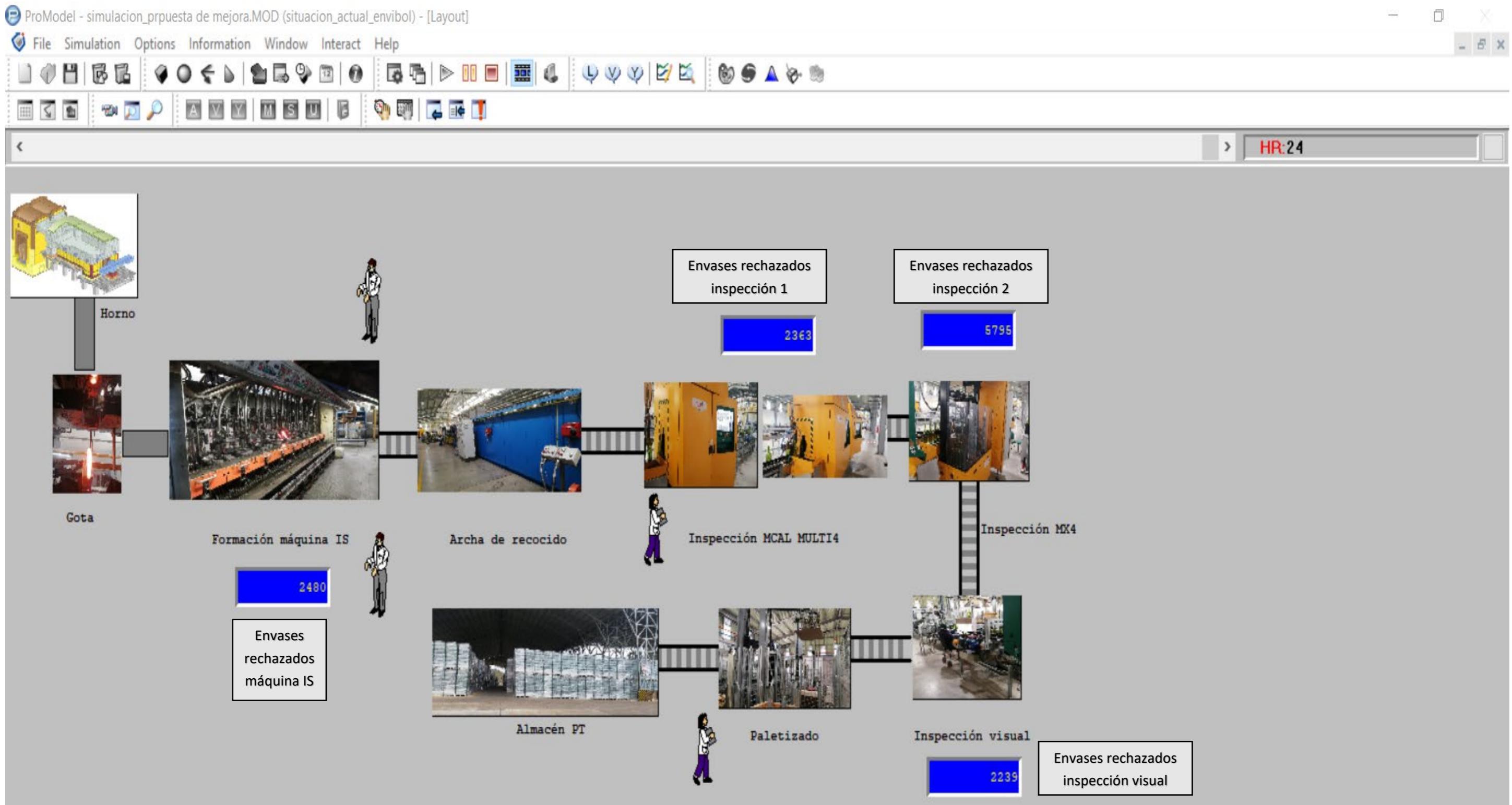
4.7.2. Maquinaria y equipo

Se agregan 2 carros más para realizar el traslado de moldes mientras se están sacando de la prensa los moldes a cambiar, además se adquieren 4 taladros neumáticos y toda la tornillería se estandariza y para reducir el tiempo de calentamiento de los moldes en la prensa se propone llevar anticipadamente la moldería al área del horno de precalentado de esta manera ahora se alcanza la temperatura especificada en menos tiempo representando en un 70 % de ahorro de tiempo.

4.8. SIMULACIÓN EN PROMODEL CON LA PROPUESTA DE MEJORA

Con los nuevos tiempos de la propuesta de mejora se tiene la distribución mostrada en el **ANEXO G**. Obteniendo los siguientes resultados, tomando en cuenta los cambios del mes de Enero de 2020 al igual que en el diagnóstico de la situación actual.

Figura N° 36 Simulación propuesta de mejora ENVIBOL



Fuente: Elaboración propia – ProModel versión 7.5.

Frequency	First Time	Priority	Scheduled...	Logic...	Disable
1 day	1	99		WAIT L(8, 0.605)	

Disminución del tiempo de cambio de moldería

4.8.1. Resultados

Figura N° 37 Resultados obtenidos para un día de trabajo propuesta de mejora

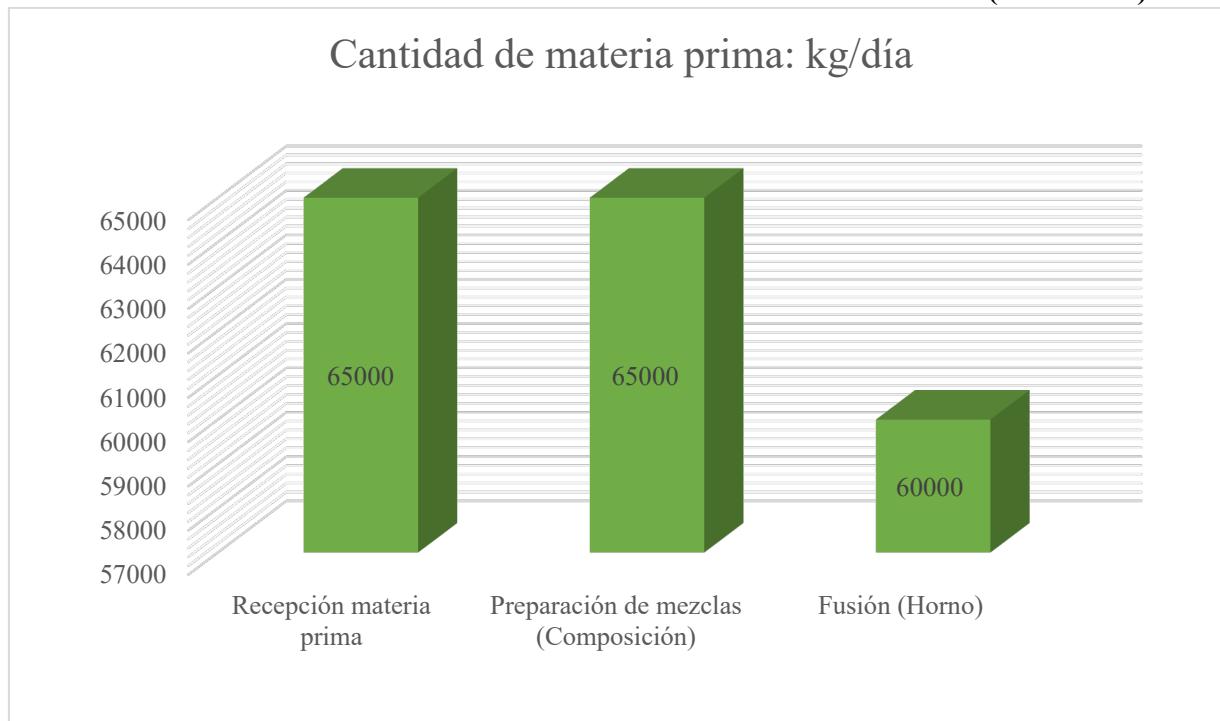
General Report (Normal Run - Rep. 1)				
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity
simulacion_prpuesta				
Name	Scheduled Time (DAY)	Capacity	Total Entries	
Horno	1,00	999999,00	126000,00	
horno a gota	1,00	999999,00	126000,00	
Gota	1,00	1,00	120960,00	
gota a máquina IS	1,00	999999,00	120960,00	
Formación máquina IS	1,00	1,00	120960,00	
maquina IS a archa	1,00	999999,00	118480,00	
Archa de recocido	1,00	1,00	118480,00	
archa a inspección	1,00	999999,00	118480,00	
Inspección MCAL MULTI4	1,00	1,00	116117,00	
inspección a mx4	1,00	999999,00	116117,00	
Inspección MX4	1,00	1,00	110322,00	
mx4 a inspección visual	1,00	999999,00	110322,00	
Inspección visual	1,00	1,00	108083,00	
inspección visual a paletizado	1,00	999999,00	108083,00	
Paletizado	1,00	1,00	108083,00	
paletizado a alamacen PT	1,00	999999,00	108083,00	
Almacén PT	1,00	1,00	108083,00	

General Report (Normal Run - Rep. 1)							
General	Locations	Location States Multi	Location States Single	Entity Activity	Entity States	Variables	
simulacion_prpuesta de mejora.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
Name	Total Changes	Avg Time Per Change (HR)	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Avg Value	
envases rechazados máquina IS	2480,00	0,01	0,00	2480,00	2480,00	1302,67	
envases rechazados inspección1	2363,00	0,01	0,00	2363,00	2363,00	1218,11	
envases rechazados inspección2	5795,00	0,00	0,00	5795,00	5795,00	2998,21	
envases rechazados inspección visual	2239,00	0,01	0,00	2239,00	2239,00	1178,69	

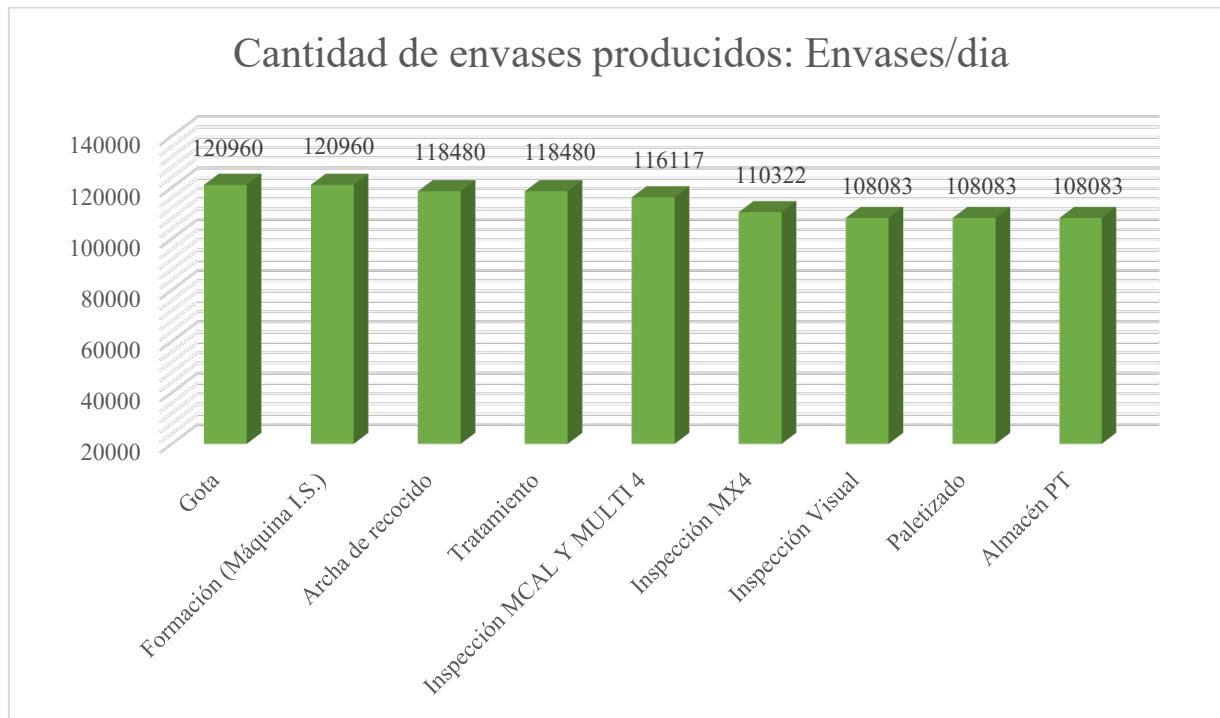
Fuente: Simulación en PROMODEL 7.5

En el cuadro anterior se puede observar que con la propuesta de mejora el tiempo de cambio disminuye en gran porcentaje aumentando la productividad a un 89 % teniendo 12.877 envases rechazados disminuyendo en un 28% la cantidad de envases rechazados en relación a la situación actual de la planta.

GRÁFICO N° 4: PRODUCTIVIDAD CON MEJORA ENVIBOL (VINO 700)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica para la producción de envases vino 700 ENVIBOL (2020)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la simulación con la mejora

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realizó el análisis económico financiero con la implementación del proyecto a través de la aplicación de la herramienta SMED, para el aumento de la producción y la disminución de tiempos cuando se realiza el cambio de producción y/o moldería las cuales presentan defectos, a continuación se realiza una evaluación económica sabiendo de la capacidad de producción actual por día en una línea es del 52 toneladas extraídas del horno teniendo una producción final de 2.250.780,00 unidades de envases mensuales demostrada en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 5: Situación actual de producción

Capacidad de producción de 52tn/día			
Producto	Costo unitario (Bs.)	Producción mensual (unidades)	Ingreso mensual (Bs.)
Botella vinera 700ml	2,70	2.250.780,00	6.077.106,00

Fuente: *Elaboración propia en base a datos obtenidos de la fábrica ENVIBOL (2020)*

Por otro lado, es necesario analizar la eficiencia manejada por la empresa ENVIBOL, la cual para ser aceptable debe ser > 80 %

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{envases liberados}}{\text{cortes por dia}} * 100 \quad (1)$$

Capacidad máxima del horno para dos líneas = 120 tn/día

La capacidad actual tomada para el estudio del presente proyecto fue la de producción de envases de vino 700 en una línea debido a que es el producto más demandado.

- La cual es =52 tn/día
- Cortes por dia en formación (Maquinas I.S.) = 84 bot/min = 120.960 bot/dia

Con la extracción de 52 ton/dia del horno a formación a producto terminado llegan a formarse:

- 46 pallets
- 1 pallet= 1631 botellas
- Peso del envase = 0,43 Kg

Entonces la producción de salida = 75.026 botellas

Haciendo el balance de materia:



Siendo la eficiencia:

$$\text{Eficiencia} = \frac{75.026}{120960} * 100 = 62.02 \%$$

Teniendo una pérdida de 45.934 envases por día debido a los cambios de moldería programados los cuales son 3 (1 por turno de 8 horas) y cambios por defectos tardando en los mismos el tiempo estudiado en el primer paso de la herramienta SMED, con la situación actual.

5.2. ANÁLISIS FINANCIERO REALIZADA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED

Aumentando su eficiencia de producción al 89 % con el plan de mejora disminuyendo los tiempos existe una producción de 3.242.490,00 de unidades de envases mensuales. Sabiendo que el costo de cada envase de botella vinera es de 2,70 Bs por unidad tendríamos los siguientes ingresos mensuales. Demostrando que la empresa tiene perdidas económicas al paralizar la línea de producción.

Cuadro N° 6: Situación de producción con mejora

Capacidad de producción de 52tn/día			
Producto	Costo Unitario (Bs.)	Producción mensual (unidades)	Ingreso Mensual (Bs.)
Botella vinera 700ml	2,70	3.242.490,00	8.754.723,00

Fuente: Elaboración propia (2021)

5.3. PROYECCIÓN DE INGRESOS

Cuadro N° 7: Proyección de ingresos

Nº	Unidades	Detalle	Bs.	Ingreso Mensual (Bs.)
1	3.242.490,00	Botella vinera de 700	2,70	8.754.723,00
Total				8.754.723,00

Fuente: Elaboración propia (2021)

5.4. COSTOS REQUERIDOS PARA EL PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

5.4.1. Costos de inversión

Estos costos de inversión se refieren a la compra de materiales requeridos para la implementación de las técnicas SMED con el apoyo de las 5'S, a continuación, en la tabla se presenta los siguientes materiales requeridos:

Cuadro N° 8: Detalle de costos de inversión para el plan de implementación

Nº	Descripción de material	Cantidad	Usar en técnica	Costo Unitario (Bs)	Costo total (Bs)
1	Computadora portátil	2	5S, SMED	5.318	10.636,00
2	Carro porta herramientas	2	SMED	2.000	4.000,00
3	Cámara Fotográfica	1	5S, SMED	2.100	2.100,00
4	Hojas bond	1 paquete	5S, SMED	280	280,00
5	Caja de herramientas	2	SMED	1.500	3.000,00
6	Soldadora	2	SMED	3.000	6.000,00
7	Extensiones eléctricas	3	SMED	250	750,00
8	Equipos de limpieza	2	5'S	1.300	2.600,00
9	Juegos de llaves mecánicas	4	SMED	800	3.000,00
10	Taladro a batería	2	SMED	1.300	2.600
Total					34.966,00

Fuente: *Elaboración propia (2021)*

5.4.2. Costo de capacitación en SMED Y 5'S

La descripción de los gastos toma en cuenta las actividades de capacitación que se realizan durante la implementación de la herramienta SMED. Se consideró a todo el personal como parte del equipo de trabajo del área en estudio, dado que para iniciar el plan de implementación se requiere dar a conocer los principios y beneficios que brinda la herramienta SMED y 5'S en las empresas, a continuación, se presenta el cuadro donde se muestra los costos de capacitación:

Cuadro N° 9: Detalle de costos de capacitación de la metodología 5'S

Nombre de capacitación	Participantes	Cantidad de personas	Horas de capacitación	Frecuencia	Costo unitario/Hora (Bs)	Costo total/Mensual (Bs)
Metodología de las 5S	Líder 5 S	1	16	Mensual	35	560,00
	Líder Smed	1	16	Mensual	35	560,00
	Jefe de producción	1	16	Mensual	40	640,00
	Supervisor de formación (Maquinas I.S)	1	16	Mensual	35	560,00
	Supervisor mantenimiento Maquinas I.S	1	16	Mensual	35	560,00
	Operadores	15	16	Mensual	20	4.800,00
Total						7.680,00

Fuente: Elaboración propia (2021)

Cuadro N° 10: Detalle de costos de capacitación de la herramienta SMED

Nombre de capacitación	Participantes	Cantidad de personas	Horas de capacitación	Frecuencia	Costo unitario/hora (Bs)	Costo total/mensual (Bs)
Implementación Smed	Jefe de producción	1	8	Mensual	40	320,00
	Líder Smed	1	8	Mensual	40	320,00
	Supervisor de formación (Maquinas I.S)	1	8	Mensual	35	280,00
	Supervisor mantenimiento Maquinas I.S	1	8	Mensual	35	280,00
	Operadores	15	8	Mensual	20	2.400,00

Nombre de capacitación	Participantes	Cantidad de personas	Horas de capacitación	Frecuencia	Costo unitario/hora (Bs)	Costo total/mensual (Bs)
Cambio de referencia	Jefe de producción	1	8	Mensual	40	320,00
	Supervisor de formación (Maquinas I.S)	1	8	Mensual	35	280,00
	Supervisor mantenimiento Maquinas I.S	1	8	Mensual	35	280,00
	Operadores	15	8	Mensual	20	2.400,00
						Total 6.880,00

Fuente: Elaboración propia (2021)

5.4.3. Costos de servicios básicos

Cuadro N° 11: Detalle de costos de servicios básicos

Detalle	Unidad	Consumo mensual (bs)	Consumo anual (bs)
Agua Potable	m ³	120	1.440,00
Energía Eléctrica	kwh	510.546,2	6.126.554,40
GLP	Básico	21.075,25	252.903,00
			Total 6.380.897,40

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de la fábrica ENVIBOL (2020)

5.4.4. Costos de recursos humanos

Con la implementación de la mejora es necesario la contratación de un ingeniero de gestión de calidad especializado en mejora continua y tres operadores en el proceso de formación los cuales estarán en los turnos tarde y noche que es donde existe mayor complicación al momento de los cambios.

Cuadro N° 12: Detalle de costos de recursos humanos

Personal	Sueldo básico	APORTES PATRONALES				Total aportes patronales	Sueldo total por mes	Sueldo total por año	Previsión de aguinaldo	Previsión de indemnización	Costo de sueldo por año
		AFPs	Fondo de vivienda	Caja nacional de Salud	Aporte solidario						
		1,71%	2%	10%	3%						
PERSONAL ADMINISTRATIVO											
Ing. de gestión de calidad	5.500,00	94,05	110,00	550,00	165,00	919,05	6,419,05	77,028,60	2,500,00	2,500,00	82,028,60
Subtotal	5,500,00	94.05	110.00	550.00	165.00	919.05	6,419.05	77,028.60	2,500.00	2,500.00	82,028.60
PERSONAL OPERATIVO											
Operario	3.000,00	51,30	60,00	300,00	90,00	501,30	3.501,30	42.015,60	2.500,00	2.500,00	47.015,60
Operario	3.000,00	51,30	60,00	300,00	90,00	501,30	3.501,30	42.015,60	2.500,00	2.500,00	47.015,60
Operario	3.000,00	51,30	60,00	300,00	90,00	501,30	3.501,30	42.015,60	2.500,00	2.500,00	47.015,60
Subtotal	9,000,00	153.90	180.00	900.00	270.00	1,503.90	10,503.90	126,046.80	7,500.00	7,500.00	141,046.80
Total	14,500,00	247.95	290.00	1,450.00	435.00	2,422.95	16,922.95	36,268.85	10,000.00	10,000.00	223,075.40

Fuente: Elaboración propia (2021)

5.5. INDICADORES DE EVALUACIÓN FINANCIERA

5.5.1. Indicadores de evaluación

Los indicadores tienen como función proporcionar al inversionista datos en los cuales deberán tomarse decisiones de invertir o no en el proyecto, en base a la comparación de los resultados de rentabilidad, riesgos y los beneficios que tendrá el proyecto durante toda su vida útil frente a lo que podría obtener.

En la presente investigación, se realizará el cálculo de los siguientes indicadores financieros.

- Valor actual Neto (VAN).

- Tasa interna de retorno (TIR).
- Beneficio – costo (B/C).

Después de cuantificar los ingresos adicionales de la propuesta de mejora, se procederá evaluar la viabilidad económica del flujo de caja de los egresos e ingresos de dinero, es por ello que se debe determinar una tasa de descuento con el cual comparar la rentabilidad del proyecto de mejora, por lo que se utilizará la tasa de interés de 11,5 %.

La evaluación económica se hará a un proyectado de 5 años. A continuación, vemos el flujo de caja proyectado a 5 años.

Cuadro N° 13: Flujo de caja

Concepto	PRE - OPERACIÓN	OPERACIÓN (AÑOS)				
	0	1	2	3	4	5
<u>Ingresos</u>	0	8.754.723	8.842.270,2	8.930.692,9	9.019.999,9	9.110.199,9
Envases (vino 700)		3.242.490	3.242.490	3.242.490	3.242.490	3.242.490
Precio por envase (vino 700)		2,7	2,727	2,75427	2,7818127	2,809630827
<u>Egresos</u>	6.813.658,4	6.778.692,4	6.778.692,4	6.778.692,4	6.778.692,4	6.778.692,4
Inversión	34.966	-	-	-	-	-
Mano de Obra	223.075	223.075	223.075	223.075	223.075	223.075
Servicios Básicos	6.380.897,4	6.380.897,4	6.380.897,4	6.380.897,4	6.380.897,4	6.380.897,4
Costos de capacitación	174.720	174.720	174.720	174.720	174.720	174.720
Saldo neto de efectivo	-6.813.658,4	1.976.030,6	2.063.577,8	2.152.000,5	2.241.307,5	2.331.507,5

Fuente: Elaboración propia (2021)

De acuerdo al flujo de caja podemos obtener los indicadores mencionados anteriormente.

Cuadro N° 14: Determinación del VAN

Año	Flujo de Caja	Interés	FNC/(1+I) ⁿ
		11,5 %	
0	-6.813.658,4		-6.813.658,4
1	1.976.030,6	1,12	1.772.224,8
2	2.063.577,8	1,24	1.659.858,7
3	2.152.000,5	1,39	1.552.450,5
4	2.241.307,5	1,55	1.450.113,4
5	2.331.507,5	1,72	1.352.890,0
Total			Bs. 973.879,0

VAN	Bs. 973.879,0
-----	---------------

Fuente: Elaboración propia (2021)

Cuadro N° 15: Determinación del TIR

Tasa de descuento	VAN
0%	3,950,765
5%	2,469,707
10%	1,283,525
15%	320,612
20%	-470,697
25%	-1,128,292
30%	-1,680,378
35%	-2,148,246

TIR	17%
-----	-----

Fuente: Elaboración propia (2021)

Beneficio – Costo (B/C)

Para determinar la rentabilidad beneficio – costo se utiliza la siguiente formula.

$$\frac{B}{C} = \sum I.ACT / \sum E.ACT \quad (2)$$

$$B/C = \frac{44.657.885,88}{33.893.462} = 1,3$$

Luego de realizar el cálculo de las herramientas financieras se puede afirmar lo siguiente:

- Como el VAN es positivo se puede afirmar que el proyecto de implementación de la herramienta SMED es rentable.
- Como la TIR (17%) es mayor que la tasa (11,5 %) se puede afirmar que el proyecto de implementación de la herramienta SMED es rentable.
- Como el B/C (1,3) se puede afirmar que el proyecto de implementación es aceptable, por lo tanto, generará ingresos.

5.6. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

5.6.1. Indicador PTM

El pack to melt (PTM) es un indicador que visualiza directamente el aprovechamiento entre las toneladas empacadas versus las toneladas fundidas en el horno.

Toneladas empacadas: Producción empacada en un período de tiempo en toneladas.

Toneladas fundidas: Peso en toneladas de las materias primas o mix para la elaboración de vidrio. Es una relación matemática simple, que está definida por:

$$\% PTM = \frac{\text{Toneladas empacadas}}{\text{Toneladas fundidas}} * 100 \quad (3)$$

PTM ACTUAL:

$$\% PTM = \frac{32,26}{52} * 100 = 62,03 \%$$

Siendo toneladas empacadas igual a 75026 bot/dia empacadas de vino 700 por su peso que es igual a 0,43kg y convirtiendo a toneladas.

Con este indicador se puede observar que existe perdida llegando a producto terminado solo el 62,03 % de todo el material que ingresa.

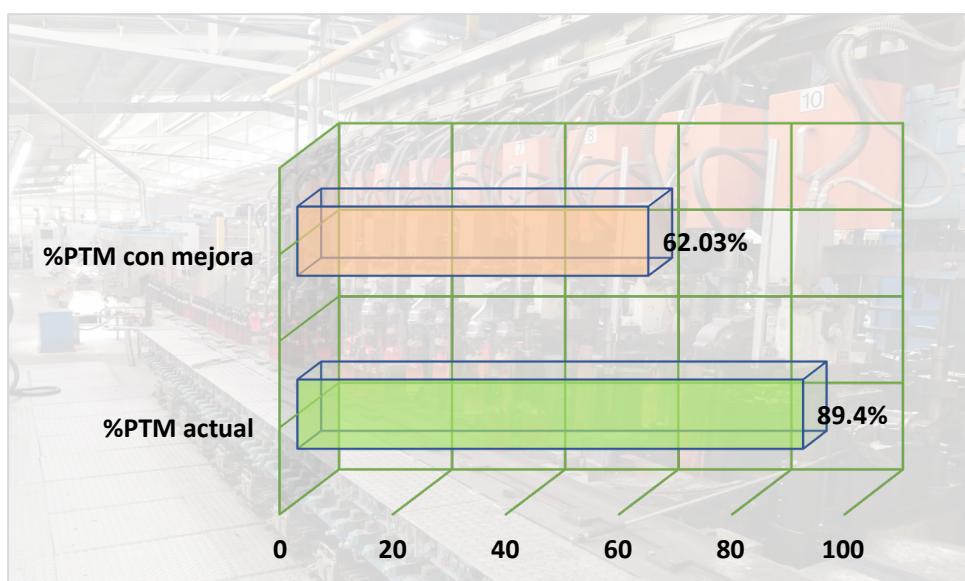
PTM CON MEJORA (HERRAMIENTA SMED):

$$\% \text{ PTM} = \frac{46.48}{52} * 100 = 89,4 \%$$

Siendo toneladas empacadas igual a 108.083 bot/día empacadas de vino 700 por su peso que es igual a 0,43kg y convirtiendo a toneladas.

se puede observar que con la mejora aplicando la herramienta SMED aumenta su productividad al 89,4 %

GRÁFICO N° 5: COMPARACIÓN DEL INDICADOR PTM



Fuente: Elaboración propia (2021)

5.6.2. Indicador retenido

Este índice mide la calidad del producto antes de empacarse, mientras más bajo sea el índice mayor productividad, eficiencia y calidad se obtendrá, se deben retener todos los productos que no cumplan con las especificaciones indicadas en la ficha técnica, además de productos con defectos visuales estos pueden ser estos defectos menores, mayores y críticos especificados en el **ANEXO H**.

$$\% RETENIDO = \frac{\text{Producción Retenida}}{\text{Producción Total}} * 100 \quad (4)$$

Retenido ACTUAL:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{13048}{75026} * 100 = 17,4\%$$

Tomando como dato 8 pallets retenidos de vino 700 por día siendo dato promedio del mes de diciembre del año 2020, contando cada pallet con 1631 envases.

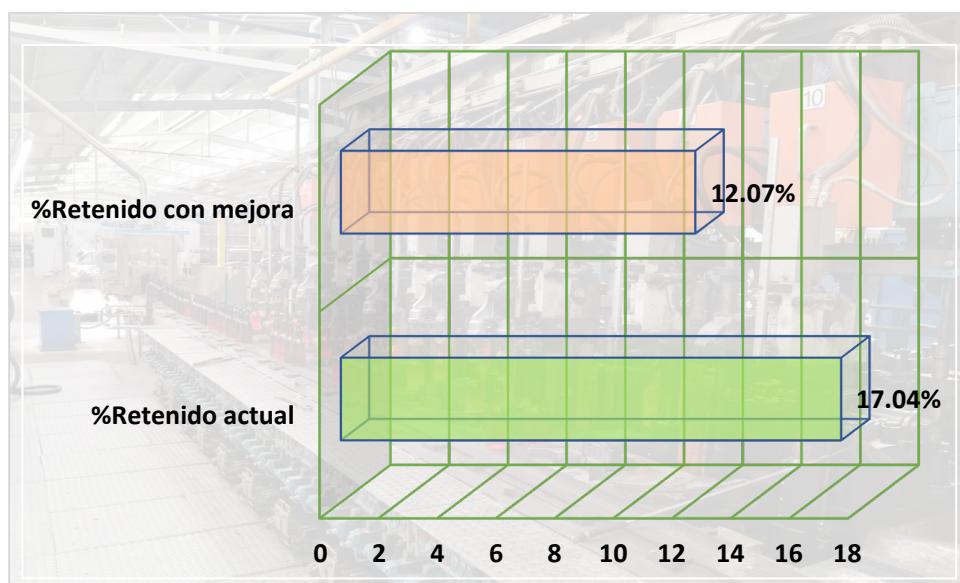
Se puede observar que de toda la producción que sale se retiene el 17,4 % por defectos mayores o críticos que vienen desde el proceso productivo de formación de envases.

Retenido CON MEJORA (HERRAMIENTA SMED):

$$\% \text{ Retenido} = \frac{13048}{108083} * 100 = 12,07 \%$$

Este resultado es un aproximado de la mejora ya que también podría mejorar la calidad de los envases por los cambios rápidos de moldería generando menos defectos y se tendría menos pallets retenidos por los mismos.

GRÁFICO N° 6: COMPARACIÓN DEL INDICADOR RETENIDO



Fuente: Elaboración propia (2021)

5.6.3. Disponibilidad de la máquina

5.6.3.1. Disponibilidad de la máquina antes del SMED

Para tener el mayor tiempo posible funcionando o produciendo la máquina, la disponibilidad es una manera de saber cuantificar el tiempo en relación al tiempo planificado para su producción.

A mayor disponibilidad es igual a mayor producción, por lo tanto, se busca minimizar o reducir los tiempos improductivos ocasionados por diferentes razones como ser averías, mala carga, cambio de moldería, cambio de producción, falta de personal, etc.

Para el estudio de esta variable se tomará en cuenta el cambio de producción actual que existe en la fábrica de envases de vidrio ENVIBOL.

La tasa de disponibilidad se determina con la siguiente formula:

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de produccion real}}{\text{Tiempo programado para produccion}} * 100 \quad (5)$$

DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA ANTES DE SMED

Disponibilidad promedio: Año 2019

Tiempo real para la producción de la maquina (Cambio de producción) = 20,78 Horas (cambio) y 3,22 (producción real).

Tiempo programado para producción de la maquina en el año 2019 = 24 Horas

$$\% \text{ Disponibilidad por dia de cambio de produccion} = \frac{3,22}{24} * 100 = 13,42 \%$$

5.6.3.2. Disponibilidad de la máquina después del SMED

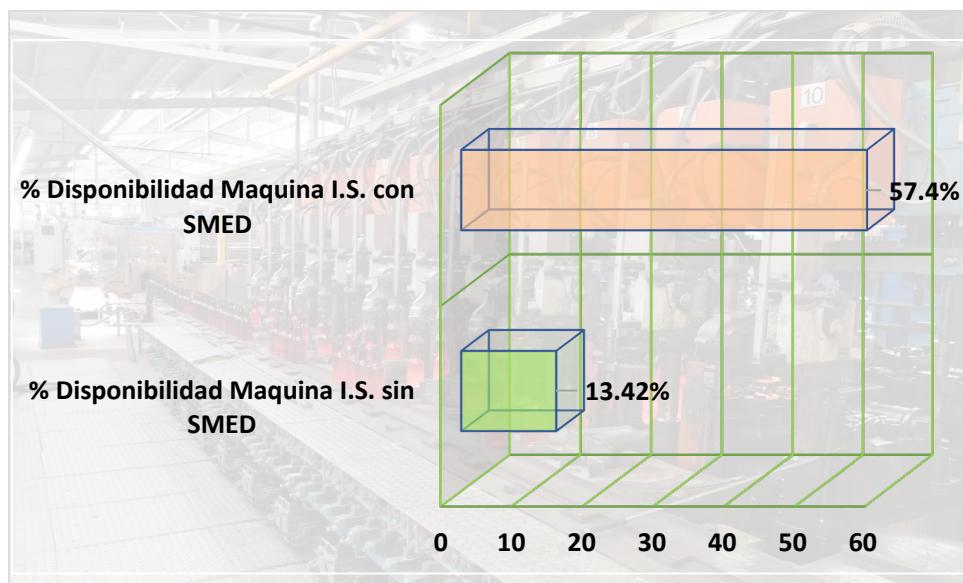
DISPONIBILIDAD DE MÁQUINA DESPUÉS DE SMED

Tiempo ahorrado por cambio = 10,56 horas

Tiempo real para la producción de la maquina (al terminar el cambio de producción) = 3,22 horas + 10.56 horas =13,78 horas

$$\% \text{ Disponibilidad por día de cambio de producción} = \frac{13,78}{24} * 100 = 57,4 \%$$

GRÁFICO N° 7: COMPARACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE LA MÁQUINA I.S.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Como muestra el grafico anterior se puede observar que la disponibilidad de la maquina sube en gran porcentaje incrementando la producción por día al momento de realizar un cambio de producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un diagnóstico inicial de producción de envases de vidrio ENVIBOL específicamente en una línea de producción de envases de vidrio de 700 mL vineras los cuales presentan dificultades en el cambio de producción y moldería los que ocasionan que se paralice la producción por un periodo de 20 horas al momento de realizar un cambio de producción, y aproximadamente 26 horas en distintas secciones de la máquina I.S. al realizar cambios de moldería, no llegando a cumplir las metas propuestas lo que nos llevó a desarrollar el presente proyecto para la propuesta de mejora a través de la herramienta SMED con apoyo de las 5'S.

- Se determinó el tiempo de reducción a través de la metodología SMED que inicialmente se tenía una producción de 75.026 envases por día con 52 tn/día fundidas en el horno, se llega a reducir 10,22 horas en el cambio de producción lo cual significa un ahorro de 10,58 horas lo cual alcanzaría un turno completo de producción y una reducción del 38 % en los cambios de moldería diarios en una jornada normal de trabajo reduciendo actividades repetitivas a través de la herramienta SMED con ayuda de las 5'S en las cuales se clasificaron en actividades internas y externas todas las operaciones al momento de realizar los distintos cambios, con la finalidad de convertir las actividades internas en externas. Llegando a realizar esta mejora y aumentar la capacidad de producción en un 89 %.
- Con la simulación en el Software ProModel versión 7.5 se determinó la productividad con la mejora con relación a la productividad actual teniendo como resultado un 27 % de aumento a la productividad actual aumentando la producción inicial de 75.026 envases a 108.083 envases.
- Con la propuesta de mejora se logrará incrementar el indicador PTM en un 27 % dado que se tendrá horas disponibles de producción, con relación al indicador retenido que disminuirá en un 5% aproximadamente pudiendo aclarar que este indicador podría disminuir aún más por el decremento de pallets retenidos por defectos provenientes del proceso productivo de formación. Respecto a la disponibilidad de la máquina I.S. al momento de realizar un cambio de producción la disponibilidad aumenta de 13,42 % a 57,4 % debido a la disminución de tiempo en este tipo de cambio.
- Luego de realizar la evaluación económica en el capítulo 5, se concluye que las inversiones necesarias para la implementación de la propuesta de mejora son justificables, ya que presentan un VAN positivo y una TIR por encima del 11,5 %. Teniendo también una relación Costo – Beneficio de 1,3 lo cual indica que el proyecto es rentable.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el SMED en el proceso productivo realizado en este proyecto y en los diferentes cambios de actividad y líneas de producción de la empresa.
- Se recomienda comprar herramientas automáticas para facilitar las operaciones de cambio.
- Hacer seguimiento de los tiempos de cada actividad para garantizar que la mejora sea sostenible en el tiempo capacitando constantemente al personal sobre las herramientas SMED y 5'S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUC CAN, A. (2005). *Aplicación de La Técnica SMED*. 1library.co. Recuperado el 10 de octubre de 2020 de: <https://1library.co/document/zx0ex2oz-aplicacion-de-la-tecnica-smed.html>.
- Ohno, T. (2018). El Sistema de Producción Toyota: Mas allá de la producción a gran escala. Recuperado el 10 de octubre de 2020 de:
<http://estrategiafocalizada.com/enfoque/Sistema%20de%20produccion%20Toyota%20OHNO%20V2.pdf>
- Gonzales Valenzuela, E., Beltrán Esparza, L., Cano Carrasco, A. y Valenzuela Muñoz, A. (2017). SMED: Reducción de tiempos de cambio de la línea de producción de maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas en la Región Sur de Sonora. *Revista Administración Y Finanzas. Vol.4 No.12 16-29*. Consultado el 10 de octubre de 2020 de:
https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion_y_Finanzas/vol4num12/Revista_de%20_Administraci%c3%b3n_y_Finanzas_V4_N12.pdf.
- P. WOMACK, J. y T. JONES, D. (2003). *LEAN THINKING- Elimine el desperdicio y cree riqueza en su empresa* [Ebook] (2nd ed.). Fabricado en los Estados Unidos de América. Obtenido el 15 de noviembre de 2020 de:
https://www.researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world- La máquina que cambio al mundo*. Simon & Schuster. Consultado el 10 de noviembre de 2020.
- George, M. L. (2003). *Lean Six Sigma for Service*. McGraw-Hill Professional.

Fábrica de envases de vidrio ENVIBOL Página Oficial SEDEM Bolivia Recuperado de: <https://www.sedem.gob.bo/es/node/35> Consultado 01/10/2020

RAMOS MANCILLA, S., y BUENAÑO VELASCO, J. (2016). *DISEÑO DE UN PLAN DE ACCIÓN DE MEJORA BASADO EN HERRAMIENTAS SMED Y 5'S PARA DISMINUIR LOS TIEMPOS DE CAMBIO DE REFERENCIA EN EL ÁREA DE TORNOS EN UNA EMPRESA DE MECANIZADOS* (1^a ed.). UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL. Recuperado el 10 de octubre de 2020, de: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/3439/1/Dise%C3%B1o_plan_accion_mejora_ramos_2016.pdf.

Ramos Reyes, B. y Salirrosas Yaranga, B. (2017). “*PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE FORMACIÓN DE ENVASES DE VIDRIO USANDO LA HERRAMIENTA SMED EN LA EMPRESA OWENS ILLINOIS PERU SA*”. Core.ac.uk. Consultado el 1 de octubre de 2020 en <https://core.ac.uk/download/pdf/154354217.pdf>.

SHINGO, S. (1993). *UNA REVOLUCION EN LA PRODUCCION: EL SISTEMA SMED* (3^a ed.). Centro Reprográfico Neptuno. Consultado el 10 de noviembre de 2020.

Vargas Hernández, J., Muratalla Bautista, G. y Jiménez Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? *Revista Actualidad y Nuevas Tendencias. Vol. V, N ° 17*. Consultado el 13 de noviembre de 2020 en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/volv-n17/art10.pdf>.

VILLASEÑOR CONTRERAS, A., & GALINDO COTA, E. (2021). *MANUAL DE LEAN MANUFACTURING* (1^a ed.). EDITORIAL LIMUSA SA Recuperado el 18 de noviembre de 2020, de <https://nilssonvilla.files.wordpress.com/2011/04/manual-lean-manufacture.pdf>.

Villaseñor, A., & Galindo , E. (2007). *Conceptos y reglas de Lean Manufacturing*. Mexico: Editorial Limusa.

VICESA *Vidriera centroamericana S.A.* Planta en Costa Rica. (Dakota del Norte). Grupovical.Com. Recuperado el 18 de noviembre de 2021 de <https://grupovical.com/vidrieras/vicesa-planta-en-costa-rica/>

GARCÍA DUNNA, E., GARCÍA REYES, H. y CARDENAS BARRON, L. (2013). *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel* (2^a ed., Págs. 3 - 8). México: Pearson.

PÉREZ RODRÍGUEZ, R. (2018). *SIMULACIÓN DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN CONFIGURACIÓN JOBSHOP* [Ebook] (págs. 10 - 11). Aguascalientes: Departamento de Ciencias de la Computación. Obtenido de <https://www.cimat.mx/reportes/enlinea/I-18-02.pdf>

SÁNCHEZ GARCÍA, J. Y RAJADELL CARRERAS, M. (2010). *LEAN MANUFACTURING "LA EVIDENCIA DE UNA NECESIDAD"* [Ebook] (2^a ed., Págs. 1-9). Madrid: Ediciones Díaz de Santos Albazansz. Obtenido de <https://es.slideshare.net/martinarroyomontoya/lean-manufacture-la-evidencia-de-una-necesidad-72833737>

HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LEAN MANUFACTURING EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD. [En línea] (16, junio, 2013). Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/226/Herramientas%20y%20tecnicas.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO A: Situación actual simulación PROMODEL

Producción diaria	120960 envases	
Jornada laboral	24 h/día	
Jornada laboral minutos	1440 minutos/día	
DATOS DEL MODELO		
LOCACIONES	UNIDADES/MINUTO	UNIDADES/h
Horno	97	5814
Gota	84	5040
Formación máquina I.S.	84	5040
Archa de recocido	137	8236
Máquinas de inspección MCAL-MULTI4	500	30000
Máquina de inspección MX4	300	18000
Inspección visual	100	6000
Paletizado	51	3060
LOCACIONES	MINUTOS/UNIDAD	h/UNIDAD
Horno	0.010309278	0.000171999
Gota	0.011904762	0.000198413
Máquina formadora I.S.	0.011904762	0.000198413
Archa de recocido	0.00729927	0.000121418
Máquinas de inspección MCAL-MULTI4	0.002	3.33333E-05
Máquina de inspección MX4	0.003333333	5.55556E-05
Inspección visual	0.01	0.000166667
Paletizado	0.019607843	0.000326797
ENTIDADES	IMAGEN	
Materia prima fundida		
Gotas		
Envase (vino 700)		

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la fábrica ENVIBOL

ANEXO B: Tiempos de cambio correspondiente al mes de febrero de 2020

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
06/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	tarde	0:53:37	53.6	1521.9	25.3642
06/01/2020	fondo sucio	cambio de fondo	noche	0:54:22	54.4		
06/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:09:36	69.6		
06/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:13:14	73.2		
06/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:15:21	75.4		
06/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:08:45	68.8		
06/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:13:01	73.0		
06/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:01:26	61.4		
06/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:03:15	63.3		
06/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	noche	1:04:17	64.3		
06/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:48:14	288.2		
06/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:48:24	288.4		
06/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:19	288.3		
07/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:08:29	68.5	1206.6	20.1106
07/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:11:15	71.3		
07/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:16:36	76.6		
07/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:00:58	61.0		
07/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:05:20	65.3		
07/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
07/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
07/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2		
08/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	noche	0:52:46	52.8	1238.6	20.6425
08/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:10:02	70.0		
08/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:55:25	55.4		
08/01/2020	marca en el cuerpo	cambio de premolde	mañana	1:05:22	65.4		
08/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:04:58	65.0		
08/01/2020	marca en el cuerpo	cambio de premolde	noche	1:00:49	60.8		
08/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:48:43	288.7		
08/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:39	287.7		
08/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:52:49	292.8		
09/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:13:44	73.7	1132.4	18.8731
09/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:05:34	65.6		
09/01/2020	rotura brillosa hombro	cambio de premolde	mañana	1:02:34	62.6		
09/01/2020	costura de premolde abierto	cambio de premolde	noche	1:03:53	63.9		
09/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:50:56	290.9		
09/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2		
09/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5		
10/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	mañana	0:54:14	54.2	1257.4	20.9572
10/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:08:33	68.6		
10/01/2020	fondo golpeado	cambio de molde	mañana	1:11:37	71.6		

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
10/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
10/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:01:26	61.4		
10/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:02:55	62.9		
10/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
10/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
10/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2		
11/01/2020	bafle girado	cambio de bafle	noche	0:52:48	52.8		
11/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	mañana	0:52:47	52.8		
11/01/2020	corona caida	cambio de corona	noche	0:54:42	54.7		
11/01/2020	marcas de fondo	cambio de fondo	mañana	0:49:41	49.7		
11/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:17:45	77.8		
11/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:16:36	76.6		
11/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:10:02	70.0		
11/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:04:17	64.3		
11/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:00:58	61.0		
11/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:03	287.1		
11/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:48:49	288.8		
11/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:47:49	287.8	1423.3	23.7214
12/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	noche	0:47:20	47.3		
12/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:13:44	73.7		
12/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:08:33	68.6		
12/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
12/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:03:10	63.2		
12/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:55:25	55.4		
12/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:05:22	65.4		
12/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	noche	1:04:58	65.0		
12/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:56	287.9		
12/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2		
12/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1373.8	22.8964
13/01/2020	bafle girado	cambio de bafle	tarde	0:53:28	53.5		
13/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	mañana	0:53:09	53.2		
13/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:14:41	74.7		
13/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8		
13/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6		
13/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:11:37	71.6		
13/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	mañana	1:00:49	60.8		
13/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:05:34	65.6		
13/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:02:34	62.6		
13/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:00:33	60.6		
13/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
13/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9	1512.7	25.2119

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
13/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2		
14/01/2020	corona caida	cambio de corona	mañana	0:55:52	55.9		
14/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	noche	0:55:24	55.4		
14/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
14/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8		
14/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:16:36	76.6		
14/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:10:02	70.0		
14/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:13:44	73.7		
14/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:00:26	60.4		
14/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:03:55	63.9		
14/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:04:17	64.3		
14/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:45:43	285.7		
14/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:39	287.7		
14/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:47:49	287.8	1533.9	25.5647
15/01/2020	marcas de fondo	cambio de fondo	tarde	0:52:50	52.8		
15/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:08:33	68.6		
15/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
15/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:14:41	74.7		
15/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	tarde	1:00:58	61.0		
15/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:46:56	286.9		
15/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2		
15/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1191.3	19.8547
16/01/2020	bafle girado	cambio de bafle	noche	0:54:21	54.4		
16/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	mañana	0:53:53	53.9		
16/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	mañana	0:51:14	51.2		
16/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	tarde	0:55:04	55.1		
16/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:17:45	77.8		
16/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6		
16/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
16/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:14:41	74.7		
16/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:17:45	77.8		
16/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:04:20	64.3		
16/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
16/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
16/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2	1513.2	25.2203
17/01/2020	corona caída	cambio de corona	tarde	0:52:29	52.5		
17/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:16:36	76.6		
17/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:10:02	70.0		
17/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:13:44	73.7		
17/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:08:33	68.6		
17/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:11:37	71.6	1535.8	25.5967

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
17/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:14:41	74.7		
17/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:55:25	55.4		
17/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:02:22	62.4		
17/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	noche	1:04:58	65.0		
17/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:48:43	288.7		
17/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:39	287.7		
17/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:59	289.0		
18/01/2020	diámetro i sobre el máximo	cambio de corona	tarde	0:53:11	53.2		
18/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:17:45	77.8		
18/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6		
18/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
18/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
18/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:17:45	77.8		
18/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:16:36	76.6		
18/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:00:49	60.8		
18/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	noche	1:00:38	60.6		
18/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:16	287.3		
18/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2		
18/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1484.6	24.7425
19/01/2020	corona caída	cambio de corona	mañana	0:54:28	54.5		
19/01/2020	corona caída	cambio de corona	noche	0:51:22	51.4		
19/01/2020	fondo sucio	cambio de fondo	noche	0:47:34	47.6		
19/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	mañana	1:10:02	70.0		
19/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:13:44	73.7		
19/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6		
19/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:00:34	60.6		
19/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:03:53	63.9		
19/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:00:26	60.4		
19/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
19/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
19/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2	1414.6	23.5767
20/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
20/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
20/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:17:45	77.8		
20/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6		
20/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:03:45	63.8		
20/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:04:17	64.3		
20/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:00:58	61.0		
20/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:43	287.7		
20/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:46:39	286.7		
20/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:49:49	289.8	1345.8	22.4297

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
21/01/2020	bafle girado	cambio de bafle	noche	0:54:21	54.4		
21/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	tarde	0:55:15	55.3		
21/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:11:37	71.6		
21/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:14:41	74.7		
21/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8		
21/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:16:36	76.6		
21/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:03:20	63.3		
21/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:49:56	289.9		
21/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2		
21/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1339.2	22.3203
22/01/2020	anillo o guía golpeado	cambio de guia	noche	0:58:46	58.8		
22/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	mañana	1:10:02	70.0		
22/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:13:44	73.7		
22/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6		
22/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
22/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	noche	1:14:41	74.7		
22/01/2020	cuerpo hundido	cambio de molde	noche	1:17:45	77.8		
22/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	mañana	0:55:25	55.4		
22/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:05:07	65.1		
22/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
22/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
22/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2	1479.7	24.6611
23/01/2020	fondo fino	cambio de fondo	mañana	0:51:26	51.4		
23/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	mañana	1:08:33	68.6		
23/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
23/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
23/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8		
23/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:16:36	76.6		
23/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:03:17	63.3		
23/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:00:49	60.8		
23/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:23	287.4		
23/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:19	287.3		
23/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1407.9	23.4653
24/01/2020	fisura en la corona	cambio de corona	mañana	0:48:52	48.9		
24/01/2020	fisura en la corona	cambio de corona	tarde	0:54:16	54.3		
24/01/2020	fondo sucio	cambio de fondo	noche	0:44:58	45.0		
24/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:10:02	70.0		
24/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:13:44	73.7		
24/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6		
24/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:11:37	71.6		
24/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	1:04:23	64.4	1421.6	23.6936

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña					Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día	
24/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	0:59:44	59.7			
24/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:49:46	289.8			
24/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2			
24/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5			
25/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	tarde	0:55:31	55.5			
25/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:14:41	74.7			
25/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8			
25/01/2020	línea brillante	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6			
25/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:11:37	71.6			
25/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:02:46	62.8			
25/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:01:26	61.4			
25/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:01:25	61.4			
25/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9			
25/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:48:56	288.9			
25/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2	1398.7	23.3122	
26/01/2020	corona caída	cambio de corona	tarde	0:55:44	55.7			
26/01/2020	corona golpeada	cambio de corona	tarde	0:55:47	55.8			
26/01/2020	fondo fino	cambio de fondo	mañana	0:49:42	49.7			
26/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:14:41	74.7			
26/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8			
26/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:16:36	76.6			
26/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	noche	1:10:02	70.0			
26/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:13:44	73.7			
26/01/2020	cuerpo hundido	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6			
26/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	mañana	1:01:17	61.3			
26/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:45:53	285.9			
26/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:48:59	289.0			
26/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:19	288.3	1527.0	25.4506	
27/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:11:37	71.6			
27/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	mañana	1:14:41	74.7			
27/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8			
27/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6			
27/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:59:58	60.0			
27/01/2020	margas de carga	cambio de premolde	mañana	1:01:20	61.3			
27/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	0:55:25	55.4			
27/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	tarde	1:03:17	63.3			
27/01/2020	marcas de cuerpo	cambio de premolde	noche	1:00:05	60.1			
27/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:46:56	286.9			
27/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:13	287.2			
27/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:29	288.5	1455.3	24.2553	
28/01/2020	bafle profundo	cambio de bafle	noche	0:54:25	54.4	1458.7	24.3111	

ENERO 2020 Inicio producción vino 700 ml rosca pequeña				Según registro JPR-RGT-037			
fecha	defecto	cambio requerido	turno	tiempo	minutos	min/día	h/día
28/01/2020	fisura en la corona	cambio de corona	mañana	0:50:51	50.9		
28/01/2020	anillo o guía golpeado	cambio de guía	noche	0:58:54	58.9		
28/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	mañana	1:11:37	71.6		
28/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:14:41	74.7		
28/01/2020	costura gruesa	cambio de molde	tarde	1:17:45	77.8		
28/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:16:36	76.6		
28/01/2020	cuerpo ovalado	cambio de molde	noche	1:10:02	70.0		
28/01/2020	costura de premolde abierto	cambio de premolde	tarde	0:59:49	59.8		
28/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:51	287.9		
28/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:47:56	287.9		
28/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:13	288.2		
29/01/2020	corona caída	cambio de corona	tarde	0:54:39	54.7		
29/01/2020	fondo sucio	cambio de fondo	noche	0:52:48	52.8		
29/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	mañana	1:13:44	73.7		
29/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	tarde	1:08:33	68.6		
29/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	tarde	1:11:37	71.6		
29/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:14:41	74.7		
29/01/2020	altura sobre max	cambio de molde	noche	1:17:45	77.8		
29/01/2020	molde golpeado	cambio de molde	noche	1:08:33	68.6		
29/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:59:09	59.2		
29/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	mañana	0:59:34	59.6		
29/01/2020	molde sucio	cambio de premolde	noche	1:02:13	62.2		
29/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	mañana	4:47:03	287.1		
29/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	tarde	4:48:59	289.0		
29/01/2020	cambio programado	cambio sección completa	noche	4:48:49	288.8	1588.1	26.4686

Cambio de producción durante el mes de Enero del 2020 = 3 cambios (cambio de envase de botella vinera 700 a vino 700 corona alta)

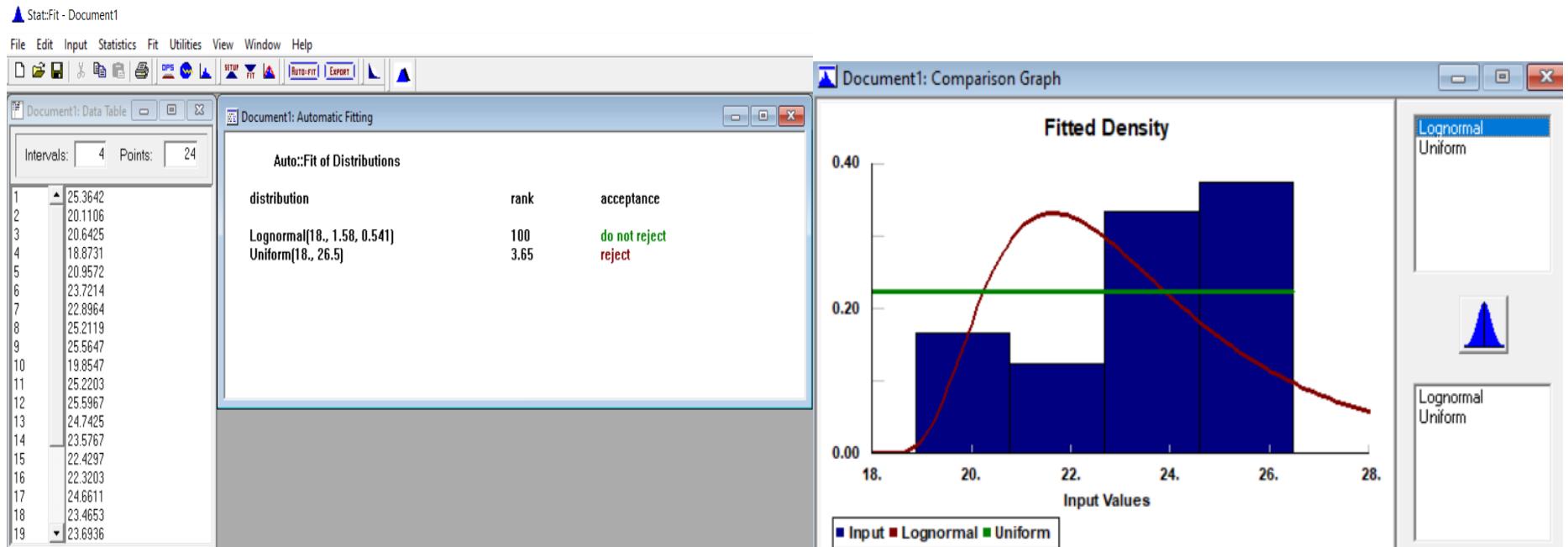
Fuente: Elaboración propia según registro JPR-RGT-037

ANEXO C: Diagrama de Pareto Defectos recurrentes



Fuente: Elaboración propia según registro JPR-RGT-037

ANEXO D: Distribución de los tiempos de cambios de moldería por día



Fuente: *StatFit ProModel 7.5*

ANEXO E: Manual de implementación de 5'S a través de la herramienta SMED

SEDEM Servicio de Desarrollo de las Empresas Públicas Productivas	Implementación de 5'S	Nº Revisión: 0	 Envibol ENVASES DE VIDRIO DE BOLIVIA
		Código:	
		Página 1 de	

1. Propósito:

El siguiente manual tiene como propósito proporcionar los lineamientos y las actividades a desarrollar para implementar las 5'S en la empresa de producción de envases de vidrio ENVIBOL para alcanzar los siguientes objetivos:

- Organizar y estandarizar las áreas de trabajo dedicadas a la producción de envases.
- Adoptar una nueva cultura de trabajo basada en el compromiso, trabajo en equipo, responsabilidad, orden y disciplina para mejorar la productividad de la empresa.
- Desarrollar un ambiente laboral agradable, de seguridad, orden, limpieza y que mejore continuamente el desempeño de las actividades de trabajo al momento de realizar los diferentes cambios.
- Mejorar continuamente este manual.

2. Alcance

Aplicable al área formación (máquina formadora I.S. – Cambio de moldería)

3. Responsabilidades

Alta Gerencia: Brindar todos los recursos y financiamiento necesarios para la implementación de este manual.

Comité 5'S: Dar seguimiento a este manual, planificar y desarrollar las actividades 5'S así como revisarlas y aprobarlos y proponer mejoras.

Gerente de producción: Encargado de transmitir e inspeccionar las actividades 5'S al personal de formación y moldería.

Supervisor de producción: Supervisar que el personal de formación implemente de manera efectiva las actividades planificadas, así como revisar y tomar nota de los resultados obtenidos.

Supervisor de formación: Supervisar que el personal de formación implemente de manera efectiva las actividades planificadas.

Supervisor de mantenimiento I.S. y moldería: Supervisar que el personal de moldería implemente de manera efectiva las actividades planificadas.

Personal de formación y moldería: Implementa las actividades 5'S en sus áreas de trabajo.

4. Introducción

Las 5'S es una metodología de trabajo, originaria de Japón, después de la Segunda Guerra Mundial, y se basa en los principios de aumento de la productividad, reducir el consumo de materiales y los tiempos de trabajo. Se llaman 5'S por sus siglas en japonés y significa:

- Seiri (Seleccionar)
- Seiton (Organizar)
- Seiso (Limpiar)
- Seiketsu (Estandarizar)
- Shtisuke (Autodisciplina)

Las 5'S plantean conductas de trabajo dedicadas a tener áreas de trabajo más productivas, ambientes confortables, limpios y ordenados, de manera que el trabajador realice sus actividades más eficientemente y adopte mejores prácticas de trabajo. Muchas empresas alrededor de todo el mundo ya han adoptado esta metodología con resultados sobresalientes. Sin embargo, para alcanzar dichos resultados, todo comienza por la concientización de la gente, el personal, el cual es importante que esté capacitado y concientizado de la importancia de esta metodología.

5. Marco Teórico 5'S



a) **La primera S, Seiri (Seleccionar):** Significa eliminar o descartar del área de trabajo, todos aquellos elementos innecesarios y que no se utilizarán para trabajar.

¿En qué consiste?

- Seleccionar – clasificar, lo necesario y lo innecesario.
- Mantener lo que se necesita y retirar todo aquello que sea excesivo y ocupe espacio de trabajo.
- Separar los elementos a usar de acuerdo a su frecuencia de uso, impacto en la seguridad, naturaleza, para agilizar las labores de trabajo.
- Eliminar información innecesaria que pueda provocar errores de interpretación.

¿Cómo realizarlo?

- Revisar el área de trabajo.
- Separar lo que sirve de lo que no sirve.
- Definir un lugar para almacenar las cosas que no se van a usar.

Luego de realizar la clasificación de los elementos, se procede a ubicarlos según su frecuencia de uso.

	Frecuencia de uso	Lugar a colocar	
	Cada hora	Junto	
	Varias veces al día	Cerca	
	Una vez a la semana	En el área	
	Una vez al mes	En otra área	
	Una vez al año	En almacén	

Beneficios:

- Eliminación de desperdicios
- Aprovechamiento del espacio útil en los centros de trabajo.
- Mejor distribución de los recursos.
- Facilita el control visual de las herramientas necesarias.

b) La segunda S, Seiton (Organizar): Consiste en organizar los elementos clasificados previamente, de modo que se puedan localizar fácilmente.

¿En qué consiste?

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento a usar en el área de trabajo, para facilitar su ubicación.
- Facilitar la rápida identificación y ubicación de los elementos requeridos en el área de trabajo.
- Realizar la limpieza general con mayor facilidad y seguridad.
- Liberar espacio.
- Mejorar la información disponible en el área de trabajo de manera a evitar errores y riesgos potenciales.

¿Cómo realizarlo?

- Colocar y distribuir las cosas en el lugar que les corresponde.
- Mantener la ubicación de las cosas de manera que se pueda acceder a ellas fácilmente.
- La rápida localización permitirá tener fácil acceso a las cosas, en el momento que se necesiten.

Beneficios:

- Reducir los tiempos de búsqueda de herramientas.
- Minimizar errores.
- Eliminación de pérdidas por errores
- Prevenir posibles desabastecimientos materiales, etc.
- Contar un control visual que identifique herramientas y materiales.

c) La tercera S, Seiso (Limpiar): Limpiar para eliminar polvo, suciedad y cualquier contaminante de los equipos de la línea de producción.

¿En qué consiste?

- No consiste solo en limpiar, sino también eliminar la causa raíz de cualquier tipo de fuente de suciedad.

- Integrar la limpieza como parte del trabajo cotidiano.

Se puede realizar en tres etapas:

- Limpieza del área individual
- Limpieza de áreas comunes del equipo
- Limpieza de áreas difíciles del equipo

Beneficios:

- Disponer de un área de trabajo organizado y pulcro.
- Prevenir contaminación de los procesos.
- Prolongar la vida útil de instalaciones y equipos.

d) **La cuarta S, Seiketsu (Estandarizar):** Significa repetir y mejorar continuamente los logros alcanzados por las tres primeras "S". De no conservar los logros adquiridos, las probabilidades de que el área de trabajo vuelva a estar desordenada, sucia y sea complicado trabajar ahí, son altas.

¿En qué consiste?

- Mantener el grado de limpieza y organización, alcanzado con las tres primeras S.
- Entrenar y capacitar al trabajador en cuanto a normas y reglas (de lubricación, limpieza) de manera que se fomente el mantenimiento autónomo.
- Establecer estándares que sirvan como referencia para el cumplimiento de las normas y auditorias.

Recomendaciones:

- Distribución y descripción general de áreas, equipos, herramientas, materiales, etc.
- Identificación de cada documento y elemento.
- Evidenciar las condiciones actuales y anteriores.

Beneficios:

- Facilita el mantenimiento de los equipos
- Mantener documentación escrita de las actividades y logros realizados.
- Mejora la comunicación.
- Es una fuente para adquirir conocimientos de actividades anteriores.
- Reduce tiempos de búsqueda

e) **La quinta S, Shitsuke (Autodisciplina):** Significa usar los métodos establecidos y estandarizados como cultura y filosofía de trabajo para el trabajador, que se vuelva su hábito de trabajo y adopte el círculo de Deming para mejorar continuamente su trabajo.

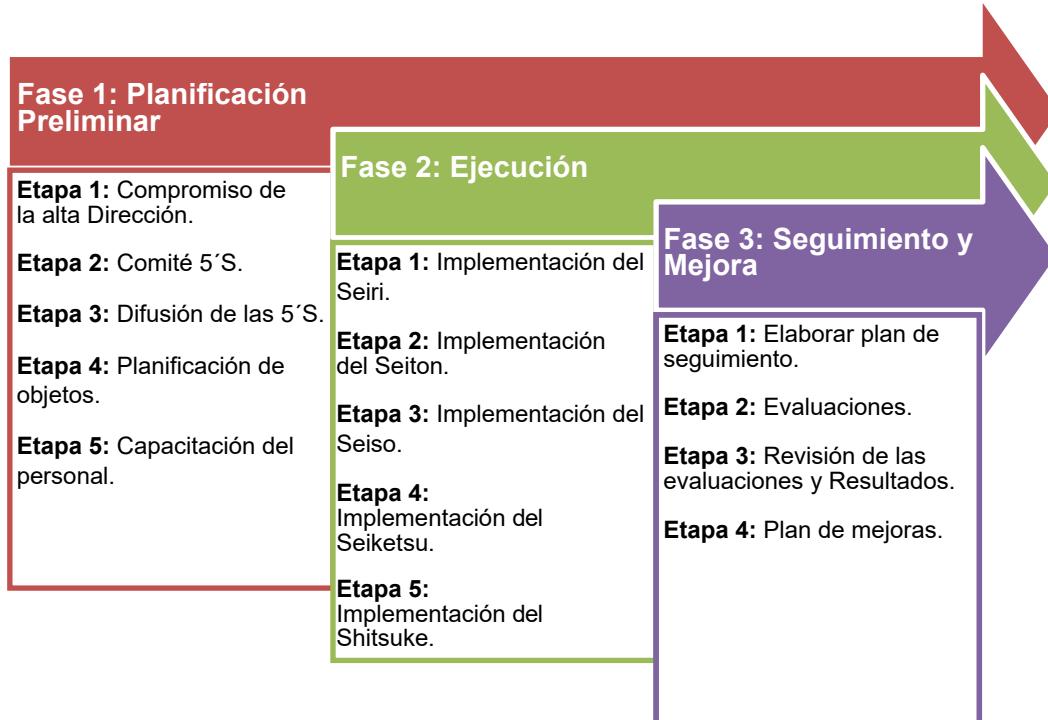
¿En qué consiste?

- Respetar los estándares y normas establecidas para mantener los equipos limpios.
- Realizar por el propio trabajador un control personal de sus actividades.
- Promover el hábito en el trabajador acerca de en qué medida se están cumpliendo las normas y estándares y que debe hacerse.
- Mejorar el respeto propio y hacia los demás.

Beneficios:

- Fomenta una cultura de concientización, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- Clima laboral agradable.
- Personal comprometido con los objetivos de la organización.
- Aumento de los niveles de calidad lo cual se traduce en una mayor satisfacción del cliente.

6.1. Fase 1: Planificación Preliminar



6.1.1. Etapa 1-Compromiso de la Alta Dirección

La Alta Dirección está conformada por la Gerencia, la cual debe comprometerse y comprender la importancia de realizar cada fase y etapa del presente manual para alcanzar los objetivos planteados. Parte de su compromiso, es tener una participación activa en todas las fases y etapas del manual, como proveer y financiar los recursos necesarios, generar cambios y propuestas de mejoras, toma de decisiones, entre otros. El compromiso de la Alta Dirección debe estar también reflejado de manera que esta motive y fomente la participación de todo el personal, así como el trabajo en equipo para alcanzar los objetivos y beneficios de las 5'S.

6.1.2. Etapa 2- Comité 5'S

Se conforma un Comité encargado de gestionar el Manual y la ejecución del Programa 5'S, conformado según la estructura organizacional de la empresa.

Los integrantes de dicho comité, deben estar conformados por integrantes de distintas áreas, comprometidos con el programa, encargados de hacer tareas como las siguientes para cada fase:

FASE	TAREAS A REALIZAR
Planificar	<ul style="list-style-type: none"> -Planificar actividades de trabajo. -Gestionar recursos necesarios. -Controlar y gestionar los costos incurridos. -Comunicar a las partes involucradas las actividades planificadas.
Hacer	<ul style="list-style-type: none"> -Dirigir reuniones del Comité 5'S. -Planificar los programas de capacitación. -Incentivar el trabajo en equipo y fomentar la participación de todo el personal. -Realizar y dirigir las actividades de ejecución del programa 5'S.
Verificar	<ul style="list-style-type: none"> -Dar seguimiento a las actividades de trabajo. -Analizar los resultados obtenidos por parte de los indicadores propuestos. -Realizar inspecciones y auditorías internas.
Actuar	<ul style="list-style-type: none"> -Tomar Acciones correctivas de ser necesarias. -Registrar los acontecimientos ocurridos y acciones realizadas. -Identificar nuevas oportunidades de mejora.

6.1.3. Etapa 3-Difusión de las 5'S

Parte del compromiso de la Alta Dirección consiste en realizar la difusión de las decisiones tomadas, así como los objetivos que se desean alcanzar, dirigida a todo el personal. Luego, debe asignar al Comité la elaboración de un cronograma, el detalle de las actividades a realizar, reuniones, etc., así como los objetivos a alcanzar.

6.1.4. Etapa 4-Planificación de las actividades

Previo a la fase de implementación, se deben planificar las actividades, realizar cronogramas de las actividades a ejecutar, para realizarlas de manera efectiva. En otras palabras, esta fase consiste en realizar un plan de trabajo definido de las 5'S, tal como lo muestra el cronograma siguiente:

Cronograma 5'S

Nº	Nombre de tarea	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Organización del comité	■															
2	Planificación de actividades		■	■													
3	Anuncio oficial/difusión			■	■												
4	Capacitaciones					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Seiri					■											
6	Seiton						■										
7	Seiso							■	■								
8	Dia de la “Gran limpieza”								■								
9	Seiketsu									■							
10	Shitsuke									■							
11	Auditorías internas										■						
12	Evaluación de resultados											■	■	■	■	■	■

Sesión	Agenda	
1	1	Diagnóstico de la situación actual
	2	Reunión con la alta dirección
	2.1.	Revisión de resultados obtenidos
	2.2.	Establecer objetivos
	2.3.	Presentación de las fases y etapas de las 5'S
2	3	Conformar comité 5'S
	1	Definición de las 5'S: afiches y murales
	2	Difusión de 5'S
	2.1.	Preparación de material para capacitación 5'S
	2.2.	Explicación de objetivos 5'S al personal
3	2.3.	Capacitación 3'S
	2.3.	Documentación de reuniones
	1	Ejecución de las capacitaciones 3'S
	2	Asignación de responsabilidades
	3	Elaboración de actividades Seiri
4	4	Ejecutar Seiri
	5	Realizar registro y documentación actividades Seiri
	6	Dar seguimiento actividades Seiri
	1	Elaboración de actividades Seiton y Seiso
	2	Ejecutar actividades Seiton y Seiso
	3	Realizar registro y documentación actividades Seiton y Seiso
	4	Dar seguimiento actividades Seiton y Seiso

		1	Día de la “Gran Limpieza”
		2	Capacitación Seiketsu
		3	Capacitación Shitsuke
		4	Bases de auditoria interna
	5	4.1.	Establecer criterios para auditar
		4.2.	Definir Check list para auditoría
		5	Ejecutar auditoria interna
		6	Presentación de resultados 5’S
		7	Documentación e implementación de medidas correctivas y preventivas
		8	Evaluaciones periódicas
		9	Planificar y ejecutar nuevos planes 5’S

6.1.5. Etapa 5- Capacitación del personal

Realizar capacitaciones internas con la finalidad de transmitir los conocimientos y bases necesarias sobre las 5’S, para el personal del área. La idea de esta etapa es concientizar a los trabajadores sobre la importancia y beneficios que pueden traer el orden, la limpieza en las áreas de trabajo y al momento de realizar el mantenimiento de la maquinaria, así como la responsabilidad y disciplina como nueva cultura de trabajo, para el negocio.

La capacitación debe realizarse primero a los niveles y rangos más altos, como el personal de la Alta Gerencia, Gerente de Producción, Jefe de Producción, así como los miembros del Comité 5’S.

Es labor del Comité 5’S velar porque todo el personal haya recibido la capacitación correspondiente.

Para realizar la capacitación se necesita:

- Material de capacitación
- Designar instructores
- Lista de asistencias
- Sesiones de no más de 3 horas semanales.
- Acondicionar un recinto o área de la empresa para realizar las capacitaciones

6.2. Fase 2: Ejecución

6.2.1. Etapa 1: Implementación de Seiri

Pasos para implementar

1. Realizar un registro fotográfico. - La situación actual de las áreas de trabajo se registra por medio de fotografías, que se usan como argumento para evidenciar la problemática de orden y limpieza. El análisis de este registro (fotografías) debe conducir a buscar solución a la situación real de la empresa, con el fin de conocer cuáles son los elementos innecesarios que ocupan un porcentaje de espacio y limitan la disponibilidad del área de trabajo.
2. Delimitar el área de aplicación. - La implementación puede ser parcial o total, es decir, áreas específicas, departamentos o toda la empresa. Para este caso práctico será enfocado

para las áreas destinadas al cambio de producción o moldería en la maquina I.S. (proceso productivo de formación de envases).

3. Establecer criterios de clasificación y evaluación

Los criterios para clasificar y evaluar los elementos son:

- Mantener lo necesario en las áreas de mejora.
- Identificar la situación real de los elementos que están presentes en un área.
- Relevancia y conveniencia de objetos.
- Periodicidad de uso.
- Cantidad.

En el siguiente gráfico se especifican cuáles son los criterios principales para el mantenimiento y cambio de producción o moldería en la maquina IS.

Departamento/Área	Objetos/Elementos de Trabajo	Criterios
Producción	Inventarios	Frecuencia de uso y cantidad
	Máquinas/Equipos	Frecuencia de uso
	Herramientas e instrumentos	Frecuencia de uso
	Materiales	Utilidad y cantidad
	Estantes, cajas y mesas de trabajo	Utilidad y cantidad
Almacén	Artículos varios	Utilidad y cantidad
	Documentos, archivos.	Relevancia y utilidad
	Máquinas	Utilidad
Moldería	Moldes, premoldes, accesorios, etc.	Utilidad
Oficinas	Archivos, documentos	Relevancia y Frecuencia de uso
	Mesas, sillas, equipos	Únicamente necesarios

La clasificación del área de producción se basa en la clasificación de acuerdo a la frecuencia, cantidad y utilidad de los recursos.

4. Elaborar notificaciones de desecho o tarjetas rojas: Es una herramienta que se usa para descartar lo clasificado como innecesario, para lo cual se diseña una tarjeta roja o de desecho, ésta sugiere una acción a tomar. El color rojo una identificación rápida.

Esta tarjeta puede ser completada por el operario o supervisor del área, describiendo los siguientes puntos:

Ejemplo de tarjeta de notificación

TARJETA ROJA			
NOMBRE DEL ARTÍCULO			
CATEGORÍA	1. Maquinaria	6. Producto terminado	
	2. Accesorios y herramientas	7. Equipo de oficina	
	3. Equipo de medición	8. Limpieza	
	4. Materia Prima		
	5. Inventario en proceso		
FECHA	Localización	Cantidad	Valor
RAZÓN	1. No se necesita	5. Contaminante	
	2. Defectuoso	6. Otros	
	3. Material de desperdicio		
	4. Uso desconocido		
ELABORADA POR		Departamento	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar	5. Otros	
	2. Vender		
	3. Mover a otro almacén		
	4. Devolución proveedor		
FECHA DESCHECHO			

5. Identificar los elementos innecesarios. - Esta acción será efectiva si se llega a definir de forma clara y concisa los criterios antes mencionados, lo que ayuda al personal a determinar si un elemento es necesario o no. Es importante que la persona que evalúa tenga vasta experiencia acerca de las operaciones en los procesos de la empresa.

En caso de existir incertidumbre sobre la funcionalidad de algún elemento, es recomendable reportar al responsable de área o técnicos, los cuales evalúan y emiten una opinión técnica para conocer si el elemento es necesario o no.

6. Aplicar tarjetas de notificación. - Consiste en ubicar la notificación de desecho o tarjeta roja, en los elementos identificados como innecesarios, además se completa la información requerida, para posteriormente adherir la tarjeta en un lugar visible y evitar que se desprenda fácilmente. Se coloca una tarjeta por artículo o por grupo que sean iguales.

La aplicación se debe realizar lo más rápido posible, a partir de emitir los criterios de Seiri.

Nota: Pueden existir elementos que no corresponda la aplicación de la tarjeta roja, sin embargo, se tienen que desechar o retirar, como, por ejemplo: papeles, mermas, cajas vacías, objetos personales, entre otros.

7. Elaborar el informe de notificación de desecho. - Todo lo que se realiza debe documentarse, es decir, se elabora y registra el listado de los elementos innecesarios, se especifican los siguientes puntos:

Área o Departamento					Fecha	
Responsable						
Nombre de elemento	Cantidad	Estado	Ubicación	Motivo del retiro	Acción sugerida	Decisión Final

Es importante observar la última columna “Decisión final”, la cual es completada por la Alta Dirección o el nivel de decisión respectivo (por ejemplo, el Comité 5’S). El informe se completa por el operario, encargado o supervisor (personas que conocen detalladamente los elementos que involucra cada proceso), el que será presentado al Comité 5’S y la Alta Dirección.

8. **Trasladar los elementos innecesarios a un sitio temporal.** - Cuando se realiza la operación anterior, los elementos innecesarios son trasladados temporalmente a un espacio asignado, denominado la “Bodega de Seiri”, el cual tiene como fin crear una “bodega temporal”, la cual retiene los elementos innecesarios, mientras no se lleve a cabo la decisión final de la Alta Dirección.

El propósito de la “Bodega Seiri” es conocer los elementos que se almacenan y asegurar que no se elimine algún elemento que es útil. En caso que exista un artículo que erróneamente está en la bodega, se tiene que solicitar a un jefe o responsable de área, el cual analiza y autoriza la solicitud, en caso el resultado es favorable se procede al retiro del elemento.

Nota: Algunos elementos, como equipo, maquinaria u otros, que no se trasladen a la bodega Seiri, por factores: tamaño, peso o costo; se tienen que mantener en el mismo lugar hasta nuevo aviso. La decisión depende del comité 5’S, en conjunto con la alta dirección.

9. **Evaluar las acciones sugeridas de las notificaciones de desecho.** - La Alta Dirección o el personal designado debe evaluar las acciones sugeridas en el informe de notificación de desecho (resumen de tarjetas rojas), y se toma una decisión final, que se fundamente en la información que proporcione el encargado de área ó departamento. Las decisiones finales son: vender, donar, transferir a otro sitio, reubicar, reutilizar, reparar o eliminar

10. **Eliminar los elementos innecesarios.** - De acuerdo a la decisión final tomada de los elementos innecesarios identificados, el Comité 5S debe preparar un plan final, en el cual se especifiquen: qué, cuándo y quiénes participarán en la eliminación de lo almacenado en la bodega de Seiri o en las áreas de trabajo. Se tiene que coordinar con la alta dirección el retiro y movilización de los elementos innecesarios hacia su destino final.

11. **Realizar el informe de avance de las acciones planificadas.** -Al finalizar las actividades de Seiri, es necesario que el responsable de un área ó departamento informe las actividades realizadas, avances, obstáculos y logros alcanzados, este informe debe ser analizado por al

Comité 5'S, el cual es el encargado de hacer el informe final a la Alta Dirección y publicar los resultados al personal en partes visibles de la empresa.

12. **Finalizar las actividades del plan establecido.** - Para la efectividad del Seiri, es fundamental cumplir con las fechas programadas, además de ello se tiene que considerar puntos como: dificultad para removerlo, búsqueda de los posibles compradores, entre otros.

6.2.2. Etapa 2: Implementación de Seiton

Finalizada la etapa primera “s” se obtiene mayor efectividad en el trabajo, porque se cuenta con mayor espacio físico, de este modo se facilita el inicio de la etapa de Seiton. Sin embargo, existen interrogantes pendientes: ¿se conoce el sitio correcto para ubicar las cosas?, ¿existe rotulación?, en caso que exista ¿es correcta y legible?, ¿Los elementos necesarios están cerca del área de trabajo? ¿Se pierde tiempo al buscar un elemento maquinaria, herramienta, u otro elemento?; las interrogantes planteadas ayudan y dan un indicio que es necesario implementar Seiton.

1. **Analizar y definir el lugar de ubicación.** - Una vez que se termina la etapa se “clasificación”, el resultado es espacio físico liberado, en ello se busca zonas disponibles, las cuales tienen como finalidad ubicar y/o acomodar de manera adecuada y efectiva elementos útiles, se tiene que tener como base lo siguiente:
 - Disponibilidad de espacio físico
 - Reiterado de uso, relevancia, utilidad y cantidad
 - Fácil acceso y retorno a su lugar correspondiente
 - Mismo lugar para elementos destinados para actividades específicas o consecutivas
2. **Decidir la forma de colocación.** - La ubicación de un elemento en el lugar que no le corresponde genera errores que incidirán negativamente en la realización del trabajo.

Para decidir la forma de colocación se describe lo siguiente:

- Precisar la forma práctica y funcional
- Describir con precisión el nombre, además es importante tener cuidado los objetos similares, del mismo modo con los códigos y figuras, para evitar errores futuros.
- Hacer uso del método de inventario que más convenga.

Es importante colocar los elementos de acuerdo a criterios de seguridad y eficiencia.

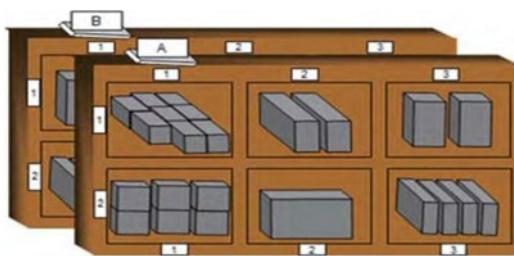
Localizar los elementos según su utilidad, ya sea en procesos similares o específicos.

3. **Rotular el sitio de localización.** - La rotulación es una herramienta visual que ayuda a identificar un lugar donde se colocan una variedad de elementos y se localizan las áreas de trabajo, esto ayuda a disminuir el tiempo en la búsqueda cuando se requiera un elemento. El diseño debe ser entendible y visible.

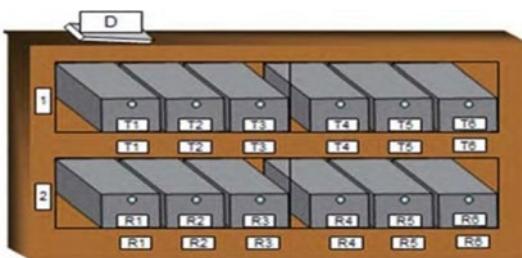
A continuación, se describen formas para identificar el elemento y su localización:

- Rótulos de ubicación.

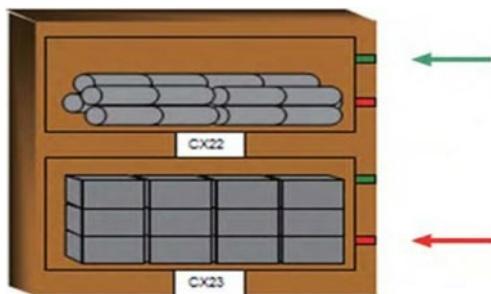
Indican el sitio donde se colocan las herramientas, insumos, documentación u otros, según los criterios propuestos en la etapa anterior.



- Señales cuantitativas.



Indican niveles máximos y mínimos requeridos para el almacenamiento de los elementos que se controlan en un área total o parcial.



- Identificación por medio de colores.

Esta estrategia visual ayuda a identificar con mucha rapidez lo que se desea encontrar, para ello los rótulos se tienen que diferenciar en base a colores llamativos.

Demarcación

1. División de áreas de trabajo mediante líneas demarcas

- Demarcar y señalizar los pasillos de acuerdo a principios de seguridad y flujo óptimo.
- Diseñar un plano de distribución de áreas.
- Demarcar “líneas diagonales” de color amarillo o negro para indicar zonas de peligro.
- Delimitar todas las áreas, incluso el estacionamiento de carros transportadores, la ubicación de la materia prima, armarios y otros.

2. Trazar perímetro

Dibujar el perímetro de las herramientas sobre una superficie plana, y señalar el sitio y la forma exacta para su colocación. Este esbozo permite visualizar si alguna herramienta está disponible. En caso que la misma no se regresó a su lugar, se debe determinar si alguien la sigue usando o se ha extraviado. Para evitar que existan pérdidas o robos, se debe tomar medidas para el control de uso de las herramientas.

- **Ilustración por fotografía** Como medida de prevención y como guía para una fácil adaptación de la etapa “clasificar”, se debe utilizar fotografías, las cuales ilustran la forma exacta en que éstos deben ser almacenados. Esta herramienta visual debe ser ubicada cercana al lugar de almacenamiento, con el propósito de facilitar la labor a cualquier persona al ordenar éstos elementos.

6.2.3. Etapa 3: Implementación de Seiso

Esta etapa se inicia cuando en la situación actual de una empresa existen residuos, desperdicios o suciedad debido a los procesos de transformación de un producto, o también porque existen derrames de líquidos que humedecen el piso, o el polvo, grasa o suciedad, que se adhieren en productos terminados, herramientas, maquinaria y otros.

En caso que se no cumplan los hechos mencionados, se consideran estos lugares de trabajo como inseguros y poco efectivos para laborar. Por ello, la limpieza debe convertirse en parte esencial en las actividades diarias en el trabajo, para obtener un mayor grado de seguridad en las instalaciones de una empresa.

Pasos para implementarlo:

1. Determinar el ámbito de aplicación

Seiso busca mejorar el aspecto físico, del mismo modo tiene como objetivo evitar pérdidas y accidentes causados por la suciedad, porque desaniman a los trabajadores y generan una mala percepción ante los visitantes.

La aplicación de limpieza debe de accionar sobre lo siguiente:

- Áreas físicas: pisos, paredes, ventanas, áreas verdes, alrededores y otros.
- Elementos de trabajo: herramientas, mobiliario, inventarios, etc.
- Máquinas y equipos.

2. Planificar las actividades de limpieza

Los equipos, maquinaria y elementos de trabajo, son afectados el polvo, aceite y desperdicios de cualquier tipo, estos factores afectan en el rendimiento y la eficiencia, ello en un corto, mediano plazo, pueden deteriorarlos.

Es muy importante identificar las posibles causas que generan la suciedad en un área de trabajo, porque caso contrario la limpieza sería una actividad laboriosa, difícil de mantener y podría requerir de mayor tiempo.

- Asignar responsabilidades de limpieza

El responsable de mantener impecable las áreas de trabajo es el mismo personal que tiene un área de trabajo que está a su cargo o se le ha asignado su uso, porque ellos son los responsables de los instrumentos, herramientas, equipos y otros elementos que son usados con frecuencia.

Las responsabilidades se pueden definir de acuerdo al:

- Plan de asignación de áreas.
- Plan semanal ó mensual de limpieza: Con especificaciones de qué, cuándo, dónde y quiénes.
- Determinar las estrategias para realizar la limpieza

La limpieza debe ser una actividad rutinaria, la cual tiene que estar supervisada constantemente para asegurar el buen funcionamiento de maquinarias, herramientas; adicionalmente para mantener ambientes de trabajos agradables, se puede desarrollar del siguiente modo:

- Contar con artículos de limpieza y en cantidades suficientes.
- Definir procedimiento de limpieza, para obtener eficiencia en la limpieza. Esta actividad debe estar descrita por el mismo personal del área, en la cual se especifica cómo se hace la limpieza correctamente, además definir responsables, capaces de asumir riesgos posibles cuando se desarrolla la limpieza, y se toman medidas para prevenir algún inconveniente de cualquier magnitud (por desconocimiento o descuido). Es importante que el procedimiento debe ser conocido y aprendido por el personal para el correcto desarrollo.
- Realizar una check list ó formato de verificación de limpieza, además de ello incluir un formato de mantenimiento de la maquinaria, herramientas, instrumentos y elementos críticos que requieren de una verificación periódica de su estado.
- Realizar la limpieza

Para el mantenimiento y preservación de los activos que cuenta una empresa, se debe elaborar un plan general que eleve la vida útil de estos recursos, el cual se puede desarrollar por medio de:

- Limpieza general de las instalaciones físicas.
- Limpieza de elementos de trabajo, máquinas y equipo

En resumen, el Seiso involucra quitar y limpiar profundamente la suciedad, desechos, polvo, grasa, óxido, y otros factores que se adhiere a los elementos de trabajo, maquinaria, equipos, ó algún espacio físico de la empresa; la finalidad es mantener un área de trabajo bajo condiciones apropiadas, con un ambiente reluciente y agradable.

Es muy importante la inspección y revisión periódica de la maquinaria, puesto que asegura buen funcionamiento y desempeño de los mismos. De este modo se asegura que la maquinaria no presente averías, y se logre aumentar la vida útil, mantener el buen estado y asegurar el alto rendimiento. Sólo en caso que el operario conozca la reparación de la máquina puede hacer un ajuste, mantenimiento y las mejoras necesarias, caso contrario debe solicitar ayuda al supervisor o al personal de mantenimiento. Para llevar un control del mantenimiento de los activos es recomendable registrar las solicitudes de mantenimiento y llevar un registro de cómo se efectuó la reparación de la maquinaria más compleja, para que en situaciones similares se proceda bajo un instructivo determinado.

Una medida preventiva debe destinarse al menos diez minutos diarios para la limpieza, al inicio o fin de las labores, con el objetivo de crear el hábito de prevención por alguna falla.

Además, puede incluirse otros cinco minutos adicionales en determinado tiempo para corroborar el mantenimiento de la limpieza a todo nivel.

Organización del Día de la Gran Limpieza

El Día de la Gran Limpieza es una actividad de limpieza general en toda la empresa, el cual se programa a lo largo de un día de trabajo, donde se considera a todo el personal, es decir, desde la Alta Dirección hasta los niveles operativos.

Antes de realizar el Día de la Gran Limpieza, el Comité 5'S debe planificar su desarrollo, en el cual se considera los siguientes puntos: la promoción y divulgación de esta actividad, para que todos los personales de la empresa estén preparados e informados de lo que, de la importancia al realizar esta actividad, adicionalmente se debe elaborar un cronograma y una agenda de trabajo especificando: fecha, horario, actividad, y responsable y otros.

Las tareas a realizar en este día son las siguientes:

- Retirar elementos innecesarios, solo en caso que existan.
- Limpiar y/o lavar piso, paredes, techos, ventanas, áreas verdes, alrededores entre otros. Todo lo que involucre el área delimitada a estudiar.
- Limpiar todos los elementos de trabajo, máquinas y equipo segmentado.

El Comité 5'S debe asegurar de gestionar, y distribuir los artículos e insumos con las cantidades necesarias para el día de la “Gran Limpieza”, además de ello debe proveer implementos de seguridad (mascarilla, guantes, cascos u otros), también contar con depósitos de basura disponibles en sitios estratégicos, y finalmente asegurar los medios de transporte para retirar los desperdicios y demás cosas innecesarias para de la empresa.

Al final del día, la Alta Dirección y el Comité 5'S deben evaluar el trabajo realizado por el personal en las áreas de trabajo, por medio de una inspección general, con fin de conocer los avances, en caso que no se termine el “Día de la Gran Limpieza en un día”, el comité debe elaborar otro plan para asegurar el cumplimiento de las actividades pendientes. Como modo de retroalimentación es importante, que al final del día se debe de reunir con la alta gerencia para discutir algunos aspectos relevantes como: Retrasos, ideas o sugerencias, experiencias, lecciones aprendidas, anécdotas u otras; a manera de retroalimentar a los demás sobre lo ejecutado.

6.2.4. Etapa 4: Implementación de Seiketsu

Luego de implementar las tres primeras S, la siguiente etapa es lograr una estandarización de lo realizado, es decir, realizar acciones para mantener el trabajo de limpieza, la clasificación de los objetos, el orden establecido, identificar y eliminar fuentes de suciedad. El objetivo de esta S es mantener y mejorar de manera continua las primeras S, de modo que estas mejoras se conviertan en hábitos y responsabilidades del personal y se tenga un ambiente ideal para trabajar.

Esta etapa sigue los siguientes pasos:

- a) Establecer responsabilidades y asignaciones.** - El personal debe tener claro cuáles son sus responsabilidades y que deben hacer en cuanto a las actividades 5'S. De esta manera, se mejorará con el tiempo las actividades de las 3 primeras S.
- b) Desarrollar de manera continua las 3 primeras S.** - Se deben desarrollar de manera continua, actividades que mantengan lo realizado por las tres primeras S:
- Seiri: Procurar en todo momento retirar cualquier elemento innecesario para la actividad de trabajo, así este no se encuentre identificado en las tarjetas rojas.
- Seiton: Asignar un lugar a cada elemento, codificación e identificación de modo que se facilite su localización e inventario.
- Seiso: Limpieza frecuentemente las fuentes de contaminación y suciedad del área, con la finalidad de reducir los tiempos de limpieza.
- c) Verificar y mejorar continuamente las 3 primeras S.** Se realizarán periódicamente con las siguientes listas de chequeo:

Evaluación	Criterio	Calificación (0-3)
Seiri	¿Existen objetos innecesarios en el área y centros de trabajo?	
Seiton	¿El área de trabajo está organizada y ordenada?	
Seiso	¿El área de trabajo, elementos, maquinaria, etc., se encuentran limpias?	
Puntaje Total		
Clasificación Puntaje total obtenido		
0-2	Deficiente	
3-5	Regular	
6-7	Bueno	
8-9	Excelente	

Donde, para la calificación 0 significa Deficiente y 3 Excelente.

- d) Elaborar medidas preventivas.** - Las listas de chequeo del paso anterior permitirán identificar problemas y sus causas. El objetivo de este paso es realizar medidas de prevención para anticiparse a dichos problemas. Para lograrlo se puede usar el siguiente ejemplo: una lista chequeo para los elementos de trabajo.

¿Qué?	¿Por qué las herramientas no se encuentran en su lugar asignado?	Possible respuesta	Porque el personal no las deja en su sitio de origen después de usarlas o no se está llevando un control.
¿Quién?	¿Quién es el encargado de registrar el inventario de los equipos así como supervisar las actividades?	Possible respuesta	El jefe de producción o persona encarga de controlar dicha actividad.

¿Dónde?	¿En qué lugares se deben localizar las herramientas y la moldería a usar en los cambios?	Possible respuesta	En los lugares delimitados según las tarjetas y codificaciones.
¿Cuándo?	¿En qué momento será necesario tener los elementos de trabajo en su lugar?	Possible respuesta	En todo momento
¿Cómo?	¿Cómo se puede especificar un lugar determinado para cada objeto de trabajo?	Possible respuesta	Mediante codificaciones, tarjetas, etiquetas, etc.

e) **Identificar oportunidades de mejora.** - El Comité 5'S debe incentivar y fomentar a su personal a proponer ideas y mejoras para el área y centro de trabajo. Esto se realiza mediante sugerencias o reuniones. Dichas propuestas deberán ser evaluadas posteriormente por el comité 5'S.

6.2.5. Etapa 5: Implementación de Shitsuke

Esta etapa es de vital importancia puesto que se refiere al compromiso, responsabilidad, disposición y disciplina del personal para realizar las labores 5'S. La autodisciplina y el sentido de responsabilidad del personal pueden fomentarse mediante los siguientes pasos:

Realizar actividades que fomenten la participación del personal como:

- Fortalecer la comunicación y coordinación interna.
- Discutir de manera abierta las decisiones a tomar.
- Coordinar medidas de mejora con el Comité 5'S
- Capacitar constantemente.
- Presentar recomendaciones y sugerencias

Establecer situaciones que requieran disciplina. - Esto se refiere a respetar normas básicas como:

- Puntualidad
- Dejar los elementos de trabajo en su sitio original luego de haber sido usados.
- Limpiar y ordenar luego de terminar de trabajar.
- Usar los implementos de seguridad.
- Respetar las normas y políticas de la empresa.

6.3. Fase 3. Seguimiento y Mejora

6.3.1. Etapa 1-Elaborar plan de seguimiento

Consiste en elaborar las actividades destinadas a verificar y medir los resultados obtenidos luego de la implementación, así como el grado de cumplimiento de las labores efectuadas por el personal y la comparación entre las metas planificadas y las acciones logradas.

Dicho plan será realizado por el comité 5'S con el apoyo de la Alta Gerencia.

6.3.2. Etapa 2- Evaluaciones

El sistema de evaluaciones realizado por el Comité 5'S y con la participación de la Alta Gerencia se realizará mediante:

- Observaciones y/o inspecciones: Consisten en inspecciones visuales que se realizan al recorrer de manera periódica las áreas en cuestión.
- Auditorías internas: Se realizan auditorias dentro de la empresa para evaluar el cumplimiento de cada s mediante un formato preestablecido
- Auditorías externas: Posteriormente, se deberá contar con la asesoría de una autoridad externa que evalúe las actividades 5'S realizadas.

6.3.3. Etapa 3-Revisión de las evaluaciones y resultados

Consiste en examinar los resultados obtenidos para analizar si han sido efectivos. Estos resultados pueden tanto cuantitativos como cualitativos. Además, se incluyen los resultados de las evaluaciones, los cuales mediante reuniones se difundirán al personal para conocer la situación actual de la empresa.

6.3.4. Etapa 4-Plan de mejoras

Consiste en establecer un plan con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos, es decir analizar nuevamente la situación actual y determinar posibles oportunidades de mejora, perfeccionar las actividades para mejorarlas de manera continua.

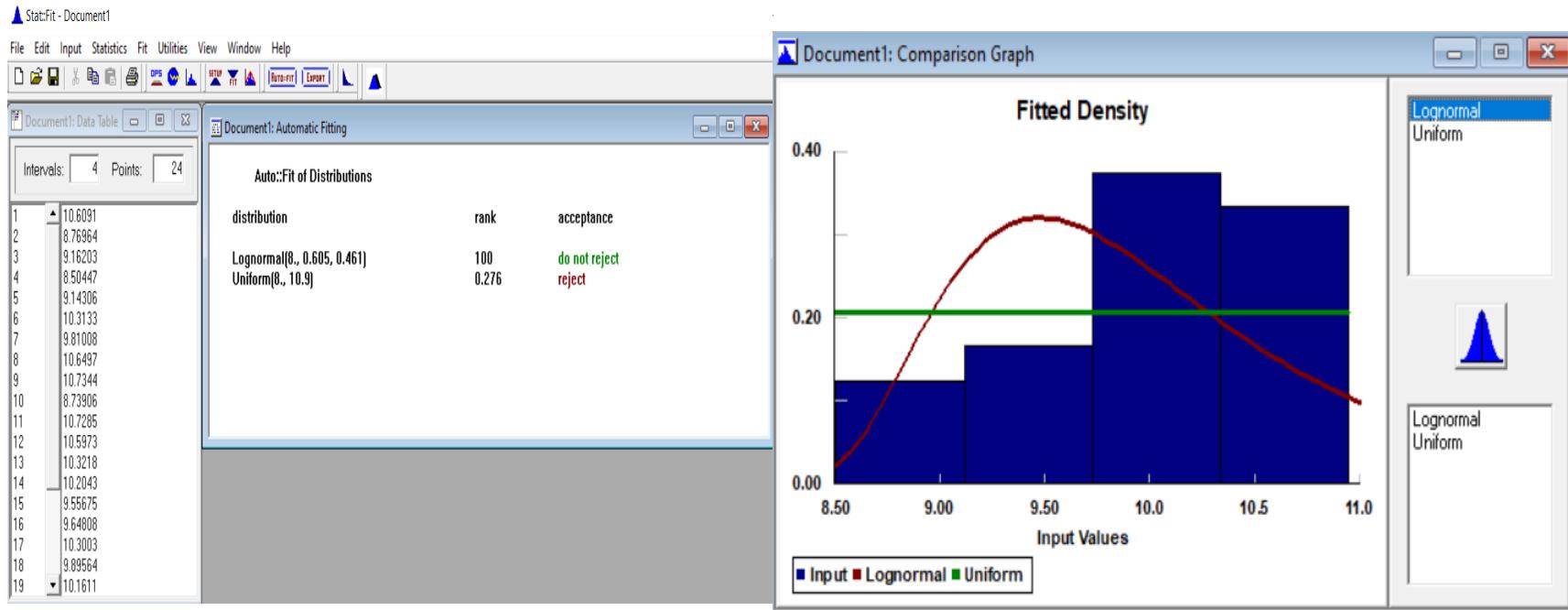
En caso de que existan problemas resultados que no sean favorables, se deben hallar las causas raíces de los problemas y tomar acciones correctivas en el acto.

ANEXO F: Matriz de ponderación en % de reducción en tiempos de cambio de producción o moldería

Nº	TIPO ACTIVIDAD	CAUSAS DEL RETRASO	% REDUCCIÓN DE TIEMPO	MOTIVO/MEJORA
1	Alistamiento de elementos de moldería	Falta de planificación, una vez terminada la producción del producto saliente, inician con el alistamiento.	90 %	- se convierte en una operación externa, y se aplica el procedimiento propuesto sobre las 5'S.
2	Transporte de piezas	Falta de organización, una vez terminada la producción del producto saliente, inician con el alistamiento y posteriormente el transporte de las piezas.	100 %	- se convierte en una operación externa. se aplica el procedimiento propuesto sobre las 5'S. - Compra de 2 carritos con más capacidad para transportar mayor cantidad de piezas de moldería.
3	Operaciones de: <ul style="list-style-type: none">• Activar, parar, bloquear secciones (presionando botones).• Verificación del aire enfriamiento.	Falta de organización y falta de voluntad del operador.	70 %	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
4	Activación del rechazador de envases.	Falta de voluntad del operador	100%	- Conversión de operación interna a externa - Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
5	Retiro / Cambio de piezas	Falta de organización y falta de máquinas automáticas para el retiro de tornillos, pernos.	50%	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S. - Compra de herramientas (taladro a batería). - Contratación de 3 operadores.
6	Limpieza de secciones, empujadores y transportador frontal.	Falta de organización y falta de voluntad del operador.	60%	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
7	Operaciones de: <ul style="list-style-type: none">• Transporte del área de formación al archa de recocido.• Abrir/Cerrar compuerta del archa de recocido.	Falta de voluntad del operador	100%	- Conversión de operación interna a externa. - Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
8	Esperar el calentamiento de piezas de Moldería	Falta de planificación y organización	100%	- Conversión de operación interna a externa llevando las piezas con anticipación al horno de precalentado.
9	Calibración-acondicionamiento de secciones	Falta de experiencia del personal y malos cambios.	50%	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
10	Lubricación de moldería	Falta de organización, falta de orden y limpieza.	50%	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
11	Control de temperatura de moldería y gota	Falta de experiencia del personal.	50%	- Capacitación del supervisor al personal. - Contratación de 3 operadores.
12	Recalificación de secciones/inspección de secciones	Falta de organización, falta de orden y limpieza. Los operadores de control de calidad no llevan a tiempo el material requerido para la recalificación (calibres pasa/no pasa)	70 %	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.
13	Control de peso	Falta de experiencia del personal.	50%	- Capacitación del supervisor al personal. - Contratación de 3 operadores.
14	Registro de cambio de pieza	Falta de organización.	50%	- Capacitación del supervisor al personal. - Contratación de 3 operadores.
15	Desactivar el rechazador general/ individual de envases	Falta de organización	50%	- Capacitación al personal para la aplicación SMED y 5'S.

Fuente: *Elaboración propia (2021)*

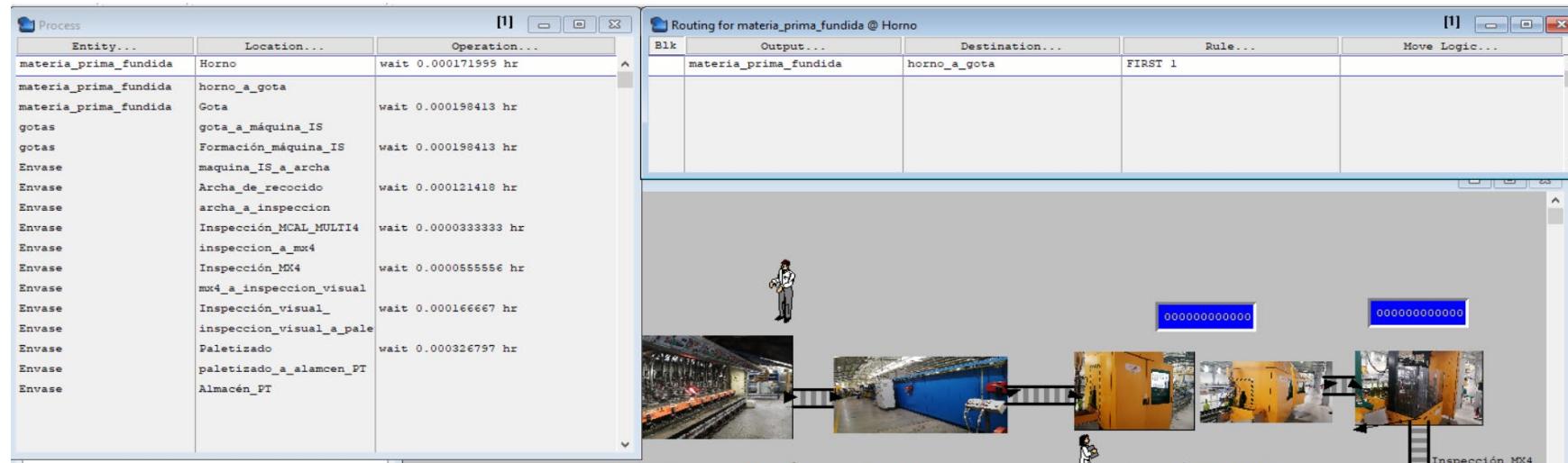
ANEXO G: Distribución de los tiempos mejorados de cambios de moldería por día



Fuente: *StatFit ProModel 7.5*

ANEXO H: Elementos en el modelo de simulación

PROCESO DEL MODELO



Fuente: ProModel 7.5

IDENTIFICACION DE LOS PROCESOS DE CAMBIOS INCLUYENDO MANTENIMIENTO DIARIO A UNA SECCIÓN POR TURNO:



Fuente: ProModel 7.5

Uso de la función Clock donde se incluye el tiempo perdido de cambios por día incluidos los tiempos de cambio por mantenimiento de máquinas (3 secciones por día).

ANEXO I: Defectos de los envases

DEFECTOS DE ENVASES					
DEFECTOS CRÍTICOS			DEFECTOS MAYORES		
Id	Nombre del defecto	Id	Nombre del defecto		
1	Columpio	21	Fisura en la corona		
2	Filamento interno en el fondo	22	Rotura bajo el anillo		
3	Vidrio suelto en el interior	23	Raya sobre acabado (microranura)		
4	Acabado filoso	24	Acabado incompleto		
5	Sobre prensa	25	Rotura brillosa hombro		
6	Acabado áspero	26	Cuerpo ovalado		
7	Cuello obstruido	27	Verticalidad		
8	Acabado astillado	28	Espesor de vidrio bajo el mínimo		
9	Burbuja ampollada interna	29	Rotura de fondo		
10	Burbuja ampollada externa	30	Vidrio grueso en el cuello		
11	Aleta	31	Corona caída		
12	Contaminación interna	32	Corona descentrada		
13	Vidrio pegado interno	33	Corona inflada		
14	Vidrio pegado externo	34	Cuello apretado		
15	Fractura interna en el cuello	35	Cuello doblado		
16	Fondo astillado	36	Costura de corona desfasado		
17	Filamento interior	37	Grieta de presión		
18	Brida en el acabado >0,08 mm	38	Costura hundida		
19	Acabado sobresaliente	39	Hombro hundido		
20	Acabado golpeado >0.3 mm	40	Costura gruesa (molde abierto)		
DEFECTOS MENORES			41	Costura de premolde abierto	
			42	Molde golpeado	
Id	Nombre del defecto		43	Rotura en el grabado	
66	Marcas de carga		44	Rotura en la guía	
67	Cuello sucio		45	Rotura en el talón	
68	Arrugas abiertas		46	Talón golpeado	
69	Molde frio		47	Bafle girado	
70	Marcas de cuerpo		48	Bafle profundo	
71	Deforme		49	Fondo fino	
72	Grafilado borroso		50	Fondo oscilante	
73	Piel de naranja o molde sucio		51	Piedras	
74	Fondo sucio		52	Altura sobre el máximo	
75	Corona sucia		53	Altura bajo el mínimo	
76	Marcas por tijera		54	Excesivo o insuficiente tratamiento en frio	
77	Decorado fuera de dimensiones		55	Excesivo o insuficiente tratamiento en caliente	
78	Marca de tubo de soplado		56	Diámetro "I" sobre el máximo	
79	Punto caliente		57	Mal recocido	
80	Marcas de fondo		58	semillas	
81	Rotura de código de puntos		59	Cuerdas de tensión	
82	Molde descentrado		60	Burbujas	
83	Rotura por contacto caliente/frio		61	Corona deforme	
84	Cuerpo hundido		62	Acabado alabeado	
85	Rosca sin llenar		63	Acabado ovalado	
86	Ojo de pescado		64	Anillo o guía golpeado	
			65	Línea brillante	

87	Corona golpeada
88	Bafle golpeado
89	Cuello golpeado
90	Cuerpo golpeado
91	Diámetro "I" bajo el mínimo
92	Pistón pegado
93	Pistón caliente
94	Altura "H" fuera de especificación

Fuente: *Elaboración propia - lista de defectos en los envases fábrica de envases de vidrio ENVIBOL*

Los defectos en el envase producido, se pueden clasificar en tres tipos básicos:

Críticos – Aquellos que pueden ocasionar un perjuicio al consumidor.

Mayores – Aquellos que pueden ocasionar daños al producto que contienen o impedir su utilización.

Menores – Aquellos que no afectan ni al consumidor ni al producto, pero que implican pérdida de cualidades estéticas.

ANEXO J: Cronograma de limpieza anual

MESES	CRONOGRAMA DE LIMPIEZA ANUAL																															
	Días																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Enero																																
Febrero																																
Marzo																																
Abril																																
Mayo																																
Junio																																
Julio																																
Agosto																																
Septiembre																																
Octubre																																
Noviembre																																
Diciembre																																

ANEXO K: Formato registro de análisis de operación y tiempos herramienta SMED

 <small>Servicio de Desarrollo de las Empresas Públicas Productivas</small>	REGISTRO TIEMPOS DE CAMBIO DE MOLDERIA / PRODUCCIÓN	Nº Revisión: 0	 <small>ENVASES DE VIDRIO DE BOLIVIA</small>				
		Código:					
		Página 1 de					
Línea:	Gráfico de tablas de tiempo	Categoría (int/ext)	Motivo de cambio: Cambio de producción: <input type="checkbox"/> Cambio por defectos: <input type="checkbox"/>				
Nº	Operación	Tiempo (min)	Tiempo (acumulado)	Preparación	Puesta a punto	Ajustes	Acción correctiva

Fuente: Elaboración propia (2021)

ANEXO L: Memoria Fotográfica



Fotografía 1: Horno de precalentado



Fotografía 2: Cambio de Producción



Fotografía 3: Proceso de lubricación de moldería



Fotografía 4: Calibres Pasa / No pasa

ANEXO M: Equipo de Protección Personal de uso en la producción de vidrio

Imagen	Equipo y/o material	Imagen	Equipo y/o material
	Casco		Guantes anti cortes
	Cofia		Guantes para caliente
	Barbijo		Auditivos
	Lentes de seguridad		Ropa de seguridad
	Botas de seguridad		Barbijos en caliente

Fuente: Elaboración propia (2020)