



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Reducción de los tiempos de cambios de molde en la línea de
inyección mediante la aplicación de la metodología SMED”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Presentada por:

Víctor Alfonso Cruz Muisin

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2024

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a Dios por haberme dado sabiduría para luchar y enfrentar todos los retos presentados, gracias a todas las personas que han contribuido en mi formación y que en un determinado momento me brindaron su ayuda, a mi tutora de tesis PhD. Denise Rodríguez, por el conocimiento transmitido y paciencia con mis inquietudes durante el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento a mi esposa por ser mi apoyo incondicional, por motivarme a alcanzar siempre las metas que me propongo y a ser mejor cada día; gracias a mis padres por enseñarme que hay que trabajar duro para lograr lo que se anhela.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios por ser mi fortaleza en todo momento y permitirme haber llegado hasta este momento.

De igual manera a todas las personas que son mi pilar fundamental, a mi esposa por siempre estar para todo brindando su apoyo incondicional, a mis padres por sus sabios consejos y por siempre estar presentes.

Y a todos los que en algún momento formaron parte en el desarrollo del proyecto.

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

**María Denise Rodríguez Z., Ph.D.
DIRECTOR DE PROYECTO**

**María Laura Retamales G., MSc.
VOCAL**

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”



Víctor Alfonso Cruz Muisin

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en una empresa del sector del plástico dedicada a la fabricación de artículos para la industria alimenticia y de consumo, específicamente en la línea de inyección donde se fabrica cubiertos, copas, vasos y envases.

El proyecto consistió en un estudio para el mejoramiento del proceso de cambio de molde en la máquina VICTOR 350 N7 de la línea de inyección mediante la aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) y tiene como objetivo reducir en un 20% el tiempo promedio de cambio de molde, pasando de 100 minutos a 80 minutos mediante la implementación del SMED para mejorar la flexibilidad de la línea.

El estudio inició con la filmación y análisis del proceso actual de cambio de molde, y toda la información recolectada se plasmó en el diagrama de proceso de grupo y diagrama espagueti. Luego, con el equipo de trabajo y utilizando el diagrama de Ishikawa, se identificó las causas y los factores involucrados en el problema. Posteriormente, con la ayuda de la herramienta de los 5 porqués, se analizó las causas priorizadas hasta llegar a la causa raíz del problema y como resultado se desarrolló el plan de implementación de las soluciones.

La siguiente etapa comprendió la implementación de la metodología SMED, como una de las acciones potenciales para reducir el tiempo en los cambios de molde. La implementación se desarrolló en tres etapas importantes: primero se identificó y separó las operaciones internas y externas observando que en el proceso actual existen 45 actividades internas y 2 externas; luego se convirtió la mayor cantidad de operaciones internas en externas, logrando reducir a 31 las actividades internas; y en la tercera etapa se implementó diferentes técnicas para optimizar las operaciones internas y externas.

Una vez implementado las mejoras se ejecutó una prueba piloto para validar el nuevo procedimiento, donde se pudo observar una reducción del 61,26% del tiempo de cambio de molde en la máquina de inyección VICTOR 350, también se elaboró el diagrama de proceso de grupo y el diagrama espagueti del nuevo proceso para contrastar y evidenciar el cambio con el método anterior.

Finalmente se realizó un análisis financiero en toda la línea de inyección para determinar de manera cuantitativa y económica el costo de la operación del proyecto dando como resultado que las mejoras realizadas generan beneficios y ahorros para la empresa.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ABREVIATURAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
CAPÍTULO 1	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Definición del problema u oportunidad.....	4
1.3. Objetivos: General y Específicos	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Descripción de la metodología.....	5
CAPÍTULO 2	7
2. APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	7
2.1. Observar y comprender el proceso de cambio de molde	7
2.1.1. Análisis del proceso actual de cambio.....	9
2.1.2. Diagrama de Spaghetti.....	14
2.2. Identificación de las casusas usando herramientas cualitativas.....	15
2.2.1. Diagrama causa – efecto.....	15
2.2.2. Matriz de ponderación de causas.....	16
2.2.3. Análisis de los 5 porques de las causas	16
2.2.4. Matriz de priorización de soluciones.....	18
2.3. Plan de implementación.....	19
2.4. Implementación de las mejoras.....	21
2.4.1. Capacitación al equipo de trabajo	21
2.4.2. Organización de las herramientas aplicando 2s	21
2.4.3. Implementación del Sistema SMED	22
2.4.3.1. Etapa 1: Identificar y separar operaciones internas y externa.....	22
2.4.3.2. Etapa 2: Convertir operaciones internas en externas.....	25
2.4.3.3. Etapa 3: Optimización de las operaciones internas y externas	28
2.4.3.4. Etapa 4: Estandarizar y elaborar formatos	32
2.5. Prueba piloto.....	35
2.6. Evidencia de la validación del cliente.....	37
CAPÍTULO 3	38
3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	38
3.1. Diagrama de proceso de grupo con el nuevo método de cambio de molde.....	38
3.2. Diagrama espagueti con el nuevo procedimiento de cambio de molde	40
3.3. Evaluación de resultados con diferentes mediciones de cambios de molde	41
3.4. Impacto financiero.....	42
CAPÍTULO 4	46
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
4.1. Conclusiones	46
4.2. Recomendaciones	46

ABREVIATURAS

SMED	Single Minute Exchange of Die
SKU	Stock Keeping Unit
MO	Mano de Obra
CIF	Costos Indirectos de Fabricación
MTL	Materiales
MM	Milímetros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Resumen de capacidad de la línea de inyección.....	1
Figura 1.2 Inventario actual de producto terminado.....	3
Figura 1.3 Tiempos de cambios de moldes en la máquina VICTOR 350 N7	3
Figura 2.1 Inicio del proceso de cambio de molde.....	9
Figura 2.2 Cargar la receta y ajuste de prensa.....	10
Figura 2.3 Calibración y ajuste final.....	10
Figura 2.4 Diagrama de proceso de grupo del método actual	13
Figura 2.5 Diagrama de espaguetti	14
Figura 2.6 Diagrama Causa-efecto.....	15
Figura 2.7 Matriz de ponderación de causas.....	16
Figura 2.8 Matriz de priorización de soluciones.....	19
Figura 2.9 Capacitación teórica sobre conceptos básicos	21
Figura 2.10 Armario de herramientas ordenadas y organizadas	22
Figura 2.11 Comparación de tiempos de las actividades de setup	24
Figura 2.12 Focus Group para el análisis de las actividades.....	25
Figura 2.13 Tiempo esperado al convertir las actividades y eliminar los desperdicios	27
Figura 2.14 Transporte de herramientas	28
Figura 2.15 Identificación de módulos de acuerdo con el molde de inyección.....	29
Figura 2.16 Formato de Check List	33
Figura 2.17 Formato de orden de trabajo de cambio de molde	34
Figura 2.18 Retirar mangueras de circuito de refrigeración, colocación de desmoldante y limpieza de área	35
Figura 2.19 Extracción del molde, colocación en carro y limpieza de platinas.....	36
Figura 2.20 Conexión de sistema refrigeración, retirar cáncamo y embridar molde	36
Figura 2.21 Informe y aprobación de resultados del proyecto por parte del cliente	37
Figura 3.1 Diagrama de proceso de grupo con el nuevo método de cambio de molde	39
Figura 3.2 Comparación de tiempos de cambio de molde antes y después de SMED.....	40
Figura 3.3 Diagrama espaguetti con el nuevo proceso de cambio de molde.....	41
Figura 3.4 Serie de tiempos de cambios de molde antes y después estandarizado.....	42
Figura 3.5 Flujo de caja de proyecto de mejora.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Jerarquización de la producción	2
Tabla 2 Definición del problema	4
Tabla 3 Proceso básico de cambio de setup	7
Tabla 4 Resumen y análisis del proceso de cambio de molde	14
Tabla 5 Análisis de las causas con la técnica de los 5 ¿Por qué?.....	17
Tabla 6 Plan de implantación de acciones que requiere bajo esfuerzo y genera un alto impacto.....	20
Tabla 7 Clasificación de operaciones internas y externas del método actual	22
Tabla 8 Conversión de operaciones internas en externas	25
Tabla 9 Estandarización de pernos para sujetar molde en la unidad de cierre que aloja el molde	29
Tabla 10 Actividades que debe realizar el Ajustador	31
Tabla 11 Actividades que debe realizar el Operador	31
Tabla 12 Actividades que debe realizar el Ayudante de operador.....	32
Tabla 13 Resumen y análisis del nuevo proceso de cambio de molde.....	38
Tabla 14 Costos de capacitación y entrenamiento	42
Tabla 15 Costos de implementación de armario de herramientas.....	43
Tabla 16 Índices para el cálculo de ingreso potencial	44
Tabla 17 Cálculos de ingreso potencial por mes	44

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La empresa donde se desarrolla este proyecto es una industria del sector del plástico y concentra su producción en la fabricación de artículos orientados al mercado de consumo masivo. Tiene dos líneas importantes de producción: la línea de productos espumados, que comprenden viandas, tarrinas, bandejas, portacomidas, platos y reposteros; y la línea de inyección, constituida por 6 máquinas inyectoras en donde se fabrican diferentes productos como: cubiertos, copas, vasos y envases. La línea de inyección es un proceso simple que requiere polímeros como materia prima, estos ingresan a un túnel de calefacción para lograr el fundido del polímero y de esta manera se inyecta a presión a un molde refrigerado con agua para enfriar la pieza y obtener su forma final. Posteriormente, el producto se empaqueta y embala para su disposición en la bodega de producto terminado.

Durante años 2021 al 2023 la empresa ha venido presentando un constante crecimiento debido a la alta demanda de sus productos. Es así como la capacidad de producir conforme a la demanda es muy importante y por tal razón se requiere tener mayor flexibilidad en la fabricación de los diferentes productos adoptando una estrategia diferente y apostando por la mejora continua de la calidad para fidelizar clientes y aumentar su cuota de mercado.

La figura 1.1 muestra que durante los meses de octubre 2022 a mayo 2023 la capacidad total de la línea de inyección fue de 29.952 horas. El 78 % (23.460 horas) corresponden al tiempo de producción de las máquinas, el 20 % (6.126 horas) a máquinas paradas por mantenimiento, paradas programadas y planta parada, y el 2 % (366 horas) al tiempo en que las máquinas estuvieron en actividades de cambio de molde.

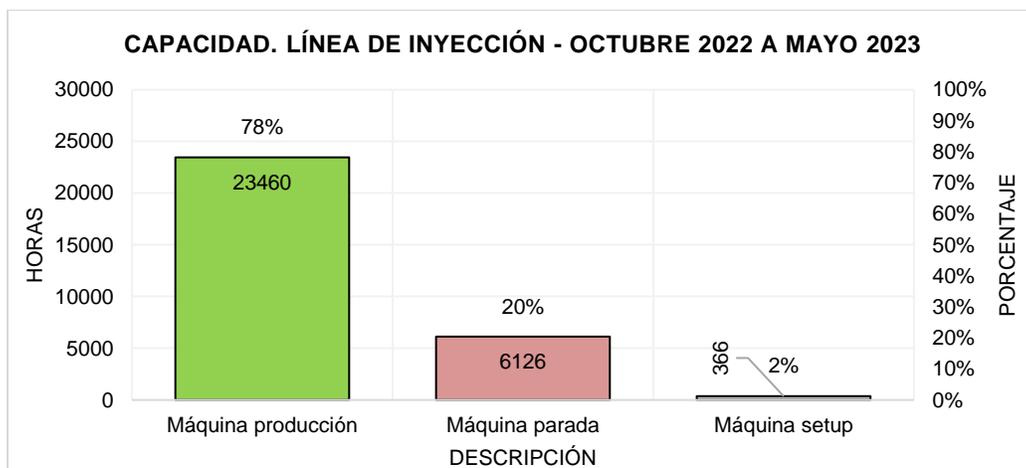


Figura 1.1 Resumen de capacidad de la línea de inyección

Fuente: Autor

Actualmente se produce bajo la política de mantener un stock de seguridad de los diferentes productos terminados con el propósito de atenuar algún efecto no deseado por causa como: fallos repentinos de las máquinas y los tiempos perdidos en los procesos de cambios de moldes.

En línea de inyección se fabrican 90 SKU y las prioridades de producción se establecen en base a los días de stock disponibles, categorizando tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Jerarquización de la producción

Prioridad	Días de stock
Extra urgente	Menora a 6 días
Urgente	Entre 6 y 12 días
Normal	Entre 12 y 17 días
No programar	Mayor a 17 días

Fuente: Autor

La figura 1.2 muestra cómo están actualmente los inventarios en la bodega de producto terminado. Se puede ver que el 33% de los SKU no cuentan con el stock necesario para cubrir la demanda y en algunos casos no hay stock, el 12% de los SKU presentan un stock de 6 a 12 días y apenas el 5% de los SKU están en los niveles de inventario normales. Por otro lado, el 20 % de los SKU mantiene un nivel de inventario mayor a 17 días, esto representa 5.293 kg almacenados en la bodega; y el 30 % de los SKU corresponden a productos estancados, almacenados en la bodega durante mucho tiempo porque su tendencia a disminuido y actualmente participan poco en el mercado, esto representa 4.276 kg.

La ejecución de este proyecto se va a realizar para una sola máquina de la línea de inyección, la VICTOR 350 N7, considerando que es la máquina que más cambios de moldes presenta durante el periodo de recolección de los datos y además que las mejoras serán fácilmente replicadas en las otras máquinas de la línea.

La figura 1.3 muestra los tiempos de cambio de moldes en la máquina VICTOR 350 N7, se evidencia que en los últimos meses ha aumentado y ha alcanzado un tiempo promedio de cambio de molde de 100 minutos. Al analizar la serie de los tiempos de los cambios de moldes se aprecia tiempos elevados, es así como 210 minutos representa el valor máximo alcanzado; pero también se ha logrado un tiempo de setup de 35,20 minutos, este valor representa el mejor tiempo alcanzado y sirve como referencia a lograr en el proyecto de mejora continua.



Figura 1.2 Inventario actual de producto terminado

Fuente: Autor

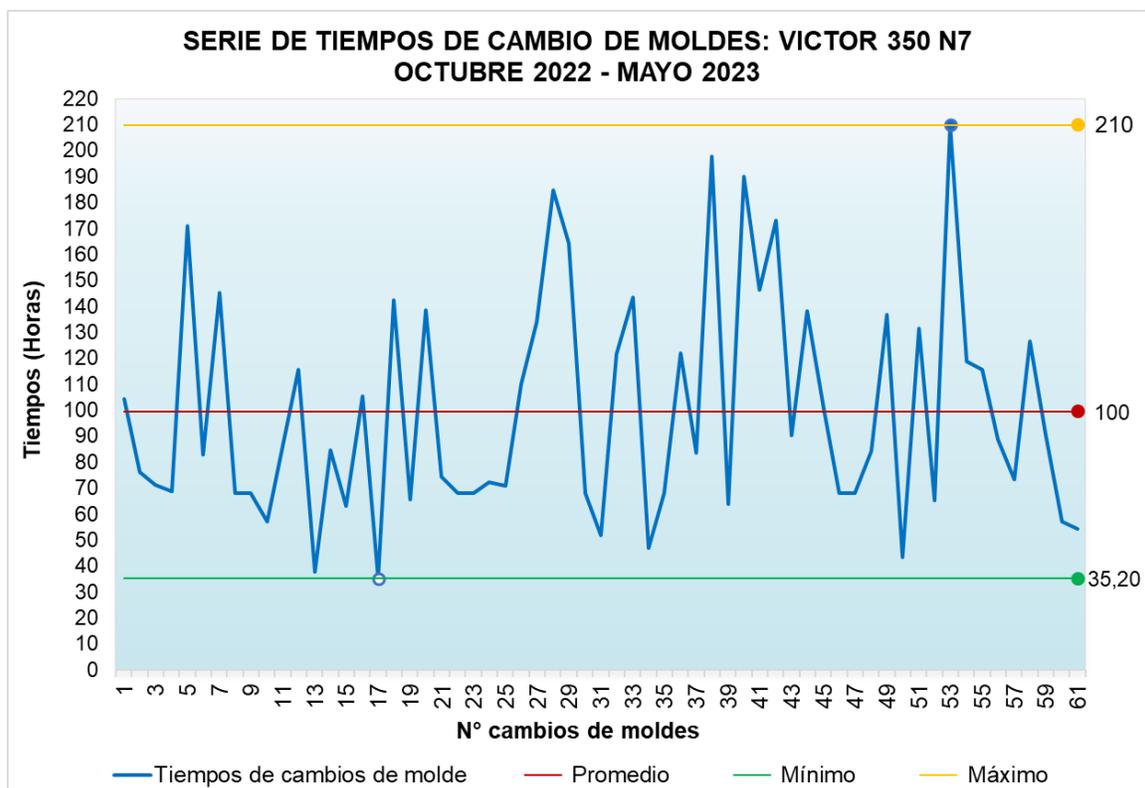


Figura 1.3 Tiempos de cambios de moldes en la máquina VICTOR 350 N7

Fuente: Autor

Debido a la variabilidad de los tiempos de cambios de moldes se ha venido planificando la producción en grandes lotes tratando de reducir al mínimo el número de cambios, pero afectando la flexibilidad de producción y a la vez consiguiendo la acumulación de stock, así también generando retrasos en los pedidos ya que los clientes deben esperar a que se fabriquen los lotes completos en lugar de las cantidades que ellos solicitan. Esta forma de gestionar la producción genera costos por mantener productos en inventario y se desaprovecha oportunidades de venta ya que con el dinero invertido en mantener en inventario los productos terminados se puede invertir en otros productos con un rendimiento más rápido.

La empresa se ha visto en la necesidad de optimizar sus procesos e implementar metodologías de mejora continua para responder adecuadamente a la demanda, manteniendo una sincronía entre producción y la demanda a fin de evitar un sobre stock por producción excesiva o una rotura de stock por no llegar a cubrir la demanda.

1.2. Definición del problema u oportunidad

La definición del problema a resolver se presenta en la tabla 2, la formulación responde a las preguntas: ¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Qué tanto? y ¿Cómo lo sé?

Tabla 2
Definición del problema

¿Qué?	Incremento en los tiempos de cambio de molde.
¿Dónde?	Máquina VICTOR 350 N7.
¿Cuándo?	Desde octubre del 2022 hasta mayo del 2023.
¿Qué tanto?	El promedio de cambio de moldes durante este periodo es de 100 minutos.
¿Cómo lo sé?	Se toma como referencia 35,20 minutos como uno de los mejores tiempos mejor logrados.

Fuente: Autor

En base a los datos históricos, comprendido desde octubre del 2022 a mayo del 2023, se ha cuantificado un incremento en los tiempos de cambios de moldes en la máquina VICTOR 350 N7, durante este periodo se ha alcanzado en promedio 100 minutos. Se evidencia que es un problema dado que 35,20 minutos es el mejor tiempo alcanzado en cambios de moldes para diferentes productos.

1.3. Objetivos: General y Específicos

1.3.1. Objetivo General

Reducir en un 20% el tiempo promedio de cambio de molde en la máquina VICTOR 350 N7, pasando de 100 minutos a 80 minutos mediante la implementación del SMED para mejorar la flexibilidad de la línea.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Entender el proceso actual de cambio de molde mediante grabación de video para identificar, separar y convertir las actividades de preparación interna y externa.
- Realizar una prueba piloto para buscar oportunidades de mejora, medir el impacto que la implementación del SMED tiene en el nuevo proceso y estandarizarlo.
- Evaluar los resultados de las mejoras implementadas a través de una comparación de tiempos.

1.4. Descripción de la metodología

La metodología SMED permite ahorrar tiempo de preparación de máquinas cuando se cambia de un producto a otro, esto se logra reduciendo el tiempo de inactividad comprendido desde que se detiene la producción del lote actual hasta que se fabrica la primera unidad del siguiente lote tomando en cuenta las condiciones definidas de calidad y productividad (Rajadell, 2021). Lo principal es tratar de estructurar el cambio de molde de tal forma que se realice la mayor cantidad de actividades de cambio, como sea posible, mientras el molde anterior aún se encuentra colocado y la línea sigue funcionando y dejar pocas actividades a ejecutar cuando la línea se detenga (Nahmias, 2007).

Aumentar la flexibilidad para producir lotes más pequeños y atender a la demanda real del cliente final, minimizar los costos al aumentar la efectividad del equipo, aumentar los niveles de confianza y seguridad en el cambio y reducir el inventario de productos terminados son algunas razones principales por la cuales las empresas buscan reducir el tiempo de cambio de moldes (Trombeta, De Souza, Volcanoglo, Braz, 2020).

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto, se empezará con seleccionando un equipo de trabajo quienes recibirán una inducción acerca de la metodología SMED y lo que se espera alcanzar. Pasaremos luego a realizar un análisis preliminar mediante la grabación del proceso actual de cambio de molde para recopilar datos, identificar las actividades del proceso, la duración de trabajo, herramientas y equipos. Esta etapa del proyecto es clave para tener el éxito en el análisis posterior, ya que si no conocemos el proceso no lo lograremos mejorar, además podremos comparar con él después de la implementación de la herramienta de mejora. Una vez entendido el proceso actual de cambio de molde se utilizará herramientas cualitativas para identificar las causas del problema para mejorarlas.

Shingo (1985) establece 3 fases conceptuales que aplica la metodología SMED y estas se detallan a continuación como guía principal para el desarrollo e implementación del SMED en el proyecto de mejora continua:

Fase 1: Dividir las actividades de cambio de molde en actividades externas, o sea, las que se realizan cuando la máquina está en movimiento, y las internas, las que se realizan cuando la máquina está parada.

Fase 2: Eliminar las operaciones innecesarias, analizar y establecer si se puede convertir las operaciones internas en externas, así como presentar soluciones que permitan mejorar las operaciones internas, es decir, la reducción de tiempo y también operaciones incorrectas realizadas durante el cambio.

Fase 3: Buscar oportunidades de mejoras de todas las operaciones de cambio tanto internas como externas, simplificando las operaciones mediante el uso de técnicas 5s y Kaizen (Ishikawa, Brainstorming) para reducir la duración de las actividades internas y externas (Shingo, 1985). Se sugiere algunas opciones como usar mordazas funcionales, implementar operaciones paralelas, reducir al mínimo los ajustes y diseñar herramientas efectivas (Caner & Semra, 2017).

El siguiente paso es estandarizar el proceso de cambio de molde, documentando todos los pasos para realizar las actividades de forma única. Una vez rediseñado el proceso de cambio de molde pasamos a la etapa de implementación donde se ejecutarán pruebas y se desarrollarán eventos Kaizen con el grupo de trabajo en busca de oportunidades de mejora para perfeccionar el proceso.

CAPÍTULO 2

2. APLICACIÓN METODOLÓGICA

2.1. Observar y comprender el proceso de cambio de molde

En esta etapa se estudia la situación actual del proceso de cambio de moldes en la máquina seleccionada “VICTOR N°7”, por lo tanto, se recopila toda la información necesaria mediante la observación del proceso por varias ocasiones con el fin de comprender como se ejecutan las actividades u operaciones fundamentales. En la tabla 3 se muestra la descripción de las actividades básicas que se realiza durante los procesos de cambios de moldes, esto con el propósito de tener un conocimiento general del proceso.

Tabla 3

Proceso básico de cambio de setup

Operación	Imagen	Descripción	Herramientas
Detener el proceso de inyección		En el panel del operador se detiene el proceso de inyección y se deja el molde abierto.	
Limpiar las placas del molde y colocar protector LPS 2 Heavy.		El espray protector sirve para evitar la corrosión generada por la condensación del molde ya que utiliza agua helada.	<ul style="list-style-type: none"> • Guaípe • Spray Protector LPS 2 Heavy.
Cerrar el paso de agua y retirar mangueras.		Se procede a cerrar el paso de agua de torre y agua helada que alimenta al circuito de refrigeración del molde y se extrae las mangueras del molde.	
Desbridar molde		Se debe colocar el cáncamo al molde y anclar el gancho del puente grúa. Colocar el seguro al molde y luego aflojar los 8 pernos y bridas que sujetan el molde en la placa fija y móvil de la máquina de inyección.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Racha grande ▪ Racha pequeña ▪ Copa de 30 mm ▪ 1 platina, 1 cáncamo y 2 pernos de 19 mm ▪ Llave Allen de 19 mm ▪ Llave Allen de 8 mm

<p>Extraer el molde de la unidad de cierre</p>		<p>Una vez liberada el molde de la unidad de cierre hay que izar el molde, extraer y colocar en el carrito porta moldes para llevarlo al área de mantenimiento.</p>	
<p>Colocar nuevo molde</p>		<p>Izar el nuevo molde con el puente grúa y colocar dentro de una unidad de cierre. Luego hay que centrar el molde acoplado en anillo de centrado en el orificio de la placa fija de la máquina.</p>	<p>Nivel (si es necesario)</p>
<p>Embridar molde</p>		<p>Sujetar el molde en la palca fija y la placa móvil con las bridas y pernos. Una vez embridado se debe extraer el cáncamo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 4 bridas de 12" • 8 pernos de 20x130 mm • Arandelas o suples • Racha grande • Racha pequeña • Llave Allen de 8 mm • Llave Allen de 19 mm
<p>Conectar circuito de refrigeración de agua</p>		<p>Consiste en realizar las conexiones de agua helada y agua de torre para la refrigeración del molde.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Teflón • Mangueras de ½ plg. • Racores de ½ plg. • Cuter industrial
<p>Conectar los controladores de temperatura</p>		<p>Conectar los controladores de temperatura a los sockets del molde a través de cables termopar y encender los módulos para calentar las cavidades del molde.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Controladores de temperatura con sus respectivos módulos • Cables termopar
<p>En el panel del operador se debe cargar la receta, calibrar botadores y calibrar la fuerza de cierre</p>		<p>Cargar los parámetros del molde a trabajar que están grabados en la memoria de la máquina. Además, se debe realizar el ajuste automático de la fuerza de cierre de la platina móvil, así como las fuerza y velocidad de botadores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato para limpiar las cavidades del molde • Guaipe
<p>Calibrar la unidad de inyección</p>		<p>Consiste en ajustar la posición del carro de inyección en le bebedero del molde y activar el sensor para que inyecte material. Si hay un cambio en el color del producto se debe purgar el túnel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de cobre • Pedazo de cartón

Configuración y calibración final		<p>Consiste en empezar el proceso de inyección e ir ajustado los parámetros de presión de inyección, fuerza de sujeción, volumen del material fundido, temperaturas del molde y del túnel hasta lograr productos con las características de calidad deseadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Golpeador de aluminio • Varilla de cobre • Espray silicón de grado alimenticio
-----------------------------------	---	---	--

Fuente: Autor

2.1.1. Análisis del proceso actual de cambio

Una vez entendido el proceso de setup fue preciso grabar en video el proceso de cambio de molde, desde la última pieza buena que sale del lote precedente, hasta la primera pieza buena del siguiente lote. Aquí se identificó muchas actividades que no agregan valor como: esperas por despeje de área y liberación de línea, búsqueda de herramientas y equipos, errores en proceso, reprocesos, verificaciones innecesarias, entre otros. Además, que los otros integrantes del equipo permanecen a la espera de recibir una orden del operador para ayudar con el cambio de molde.

En la figura 2.1 se muestra el momento que el operador cierra el paso de agua en los reguladores de caudal para iniciar con el proceso de cambio de molde. Acto seguido, detiene el proceso de inyección sin antes haber ejecutado 4 inyectadas para hacer que el molde alcance su temperatura al ambiente y evitar la condensación que puede generar corrosión.



Figura 2.1 Inicio del proceso de cambio de molde

Fuente: Autor

La figura 2.2 muestra el momento en que el operador coloca el nuevo molde a la unidad de cierre de la máquina y se dispone a cerrar la prensa (platina móvil) para posteriormente embriar todo el molde y cargar la receta.



Figura 2.2 Cargar la receta y ajuste de prensa

Fuente: Autor

La figura 2.3 muestra un instante en que el ajustador está realizando la calibración y ajuste de diferentes parámetros de inyección para lograr un producto con las especificaciones de calidad requeridas.



Figura 2.3 Calibración y ajuste final

Fuente: Autor

La persona encargada de planificar los cambios de molde es el supervisor; la orden de cambio empieza cuando se cumple con el lote planificado, previamente el supervisor informa al ajustador el próximo cambio de molde que se va a dar. La persona encargada de ejecutar el cambio es el ajustador, durante este proceso puede haber uno o más integrantes de la máquina que colaboran con el cambio, pero siempre recibiendo órdenes del ajustador.

En la figura 2.4 se muestra el diagrama de procesos de grupo del método actual de cambio de molde en la máquina de inyección, aquí intervienen dos personas y se muestra la relación exacta entre los ciclos ociosos y operativos de dos trabajadores. De esta manera se puede identificar posibilidades de mejora, operaciones internas que pueden ser transformadas en externas y aquellas posibles tareas que pueden ejecutarse con operarios en paralelo o en las que se puede proponer una mejora en el método.

Molde anterior:	TENEDOR NEGRO (Nuevo)	Fecha:	6/12/2023	Hora de inicio:	15:08:40	Hora final:	16:49:43	Observaciones
Nuevo molde:	TENEDOR APILABLE NEGRO	Máquina: VICTOR N° 7		Ajustador: JHONNY SIGUA		Operador: FELIX SÁNCHEZ		
Operación	Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo			
	00:00:00	INICIO	00:00:00	INICIO	00:00:00			
Detener proceso	00:02:55 175	Cerrar el paso de agua helada.	00:00:44 44	Vaciar la línea y despejar el área.	00:06:33 393	Retroceder tornillo de inyección		
		Ejecuten 4 o 5 inyectadas.	00:01:58 118					
		Detener el proceso de inyección y dejar abierto el molde.	00:00:06 6					
		Apagar los controladores de temperatura de molde.	00:00:07 7					
Desconectar mangueras de agua	00:02:11 131	Realizar limpieza de las placas de molde y colocar spray protector.	00:00:37 37	Mover el puente grúa hacia la unidad de cierre donde se aloja el molde.	00:01:46 106	El spray protector es para evitar corrosión por la condensación. Sacar pallets de PT, mover mesa de trabajo, retirar bandeja de caída de molde. Se mueve a la parte posterior de la unidad de cierre.		
		Cerrar el paso de agua de torre al molde.	00:00:40 40					
		Desconectar las mangueras del agua conectadas al molde y colocar bincha de seguridad.	00:00:54 54					
Desmontar el molde de la máquina	00:12:42 762	Esperar hasta que el operador termine de despeje el área.	00:01:27 87	Conectar el teclé del puente grúa a la toma de corriente.	00:00:44 44	Están ubicadas en el área destinada junto al armario de herramientas. Se tienen dos raches.		
		Mover el carro de herramientas a las máquina.	00:00:15 15					
		Llevar los raches a los dos lados de la unidad de cierre donde aloja el molde.	00:00:24 24	Esperar	00:01:39 99	Se retirar 3 de 4 bridas, 2 que sujetan el molde a la placa fija y 1 que sujeta la placa móvil. Luego el ajustador se dirige al lado de la puerta principal de la máquina.		
		Desbridar el molde en el lado posterior de la unidad donde aloja el molde.	00:02:21 141					
		Desconectar socket de controlador de temperatura del molde.	00:00:21 21	Buscar el carrito para colocar el molde extraído.	00:00:25 25	El ajustador se sube a la bancada de unidad de inyección para realizar estas actividades. El ajustador se baja de la bancada de la unidad de inyección.		
		Colocar cáncamo.	00:00:13 13					
		Sujetar gancho de carga al cáncamo del molde y templar la cadena.	00:00:21 21	El molde esta pegado a la platina fija de la máquina, se debe colocar nuevamente las dos bridas extraidas platina móvil para facilitar el				
		Desbridar el molde en el la puerta principal de la unidad donde aloja el molde.	00:00:49 49					
Desprender molde del anillo centrador en la platina fija abriendo platina móvil.	00:04:10 250							

			Izar y extraer molde fuera de la máquina.	00:00:48	48	Esperar		00:06:41	401	desacople.
			Extraer agua del molde utilizado aire comprimido por los racores.	00:01:33	93					
Montar molde en la máquina	00:09:31	571	Colocar el molde en el carrito y trasladar el molde al área mantenimiento.	00:00:39	39	Ayudar al ajustador a empujar el molde.		00:00:39	39	
			Llevar el nuevo molde desde el área de mantenimiento a la unidad de cierre de la máquina inyectora.	00:00:27	27	Ayudar al ajustador a empujar el nuevo molde.		00:00:27	27	
			Conectar gancho de carga al cáncamo del nuevo molde e izar para introducir en unidad de cierre de la máquina.	00:01:02	62	Esperar		00:02:12	132	
			Centrar molde acoplado el anillo centrador en el orificio de la platina fija.	00:01:10	70					
			Embridar molde en la platina fija del lado principal (1 bridas).	00:01:58	118	Embridar molde en la platina fija del lado posterior (1 bridas).		00:01:58	118	
			Cargar la receta.	00:00:16	16	Esperar		00:00:44	44	
			Ajustar la prensa con el panel del operador.	00:00:28	28					
			Embridar molde en la platina móvil (2 bridas) y en platina fija en la puerta principal (1 bridas).	00:03:31	211	Embridar molde en la platina móvil (2 bridas) y en platina fija en el la puerta posterior (1 bridas).		00:03:31	211	Las bridas tienen pernos que sirven de contragolpe, estos deben ajustarse de acuerdo al molde.
Conectar el circuito de refrigeración de agua	00:20:06	1206	Desconectar gancho de sujeción.	00:00:24	24					
			Buscar llave Allen para aflojar pernos de cáncamo.	00:00:27	27					El operador se dirige a la caja de herramientas para buscar la llave Allen y lleva dos llaves porque no sabe el número de llave que debe utilizar.
			Extraer cáncamo del molde	00:00:34	34	Esperar		00:02:22	142	
			Abrir el molde para la conexión de mangueras.	00:00:19	19					En el panel del operador, el ajustador abre todo el molde.
			Buscar mangueras pequeñas para las conexiones de agua en el molde.	00:00:38	38					Las manguera pequeñas sirven como puente para las conexiones en el molde.
			Realizar las conexiones de mangueras para el agua.	00:09:59	599	Retirar grúa pórtico. (Desconectar de toma corriente)		00:01:44	104	Agua helada y agua de torre en los racores del molde (entradas y salidas).
			Solicitar a mantenimiento la colocación de 2 racores faltantes y reemplazar uno en mal estado.	00:06:11	371	Mover los módulos de temperatura a la máquina.		00:01:18	78	Durante las conexiones de agua aparecen dos puntos de conexión que no tenían racores y otro racor con una avería.
			Verificar fugas y corregir problemas y errores en las conexiones.	00:01:34	94	Esperar	00:17:51	1071	Se abre las llaves de agua para verificar si existen fugas en las conexiones, luego se revisa si hay que colocar teflón o cambiar de manguera.	
			Buscar cables termopar para conectar controladores de temperatura la molde.	00:03:09	189					Los sockets del molde no coincide con los sockets del controlador de temperatura.

Calibración y ajustes de parámetros	00:53:38	3218	Conectar controlador de temperatura al socket del molde.	00:03:35	215	Ayudar al ajustador a conectar los controladores de temperatura.	00:03:35	215	Como se están utilizando otro cables termopar los ganchos de ajuste no se adaptan a los sockets molde ni del controlador por lo que deben improvisar el ajuste con cinta.		
			Corregir fuga de agua.	00:05:16	316				Aparece dos fugas de agua en dos puntos de conexión por lo que hay que arreglar la conexión.		
			Encender módulos para calentar las cavidades habilitadas.	00:02:13	133	Esperar			00:13:14	794	Este molde tiene tres botadores dañados cuyas cavidades no debes ser habilitadas para inyectar la resina, por eso se pone a calentar solo las cavidades habilitadas.
			En el panel de operador calibrar automáticamente fuerza de cierre o fuerza de sujeción.	00:03:06	186						Esta la ejerce la placa móvil.
			Verificar que los módulos estén encendidos de acuerdo a las cavidades con botadores habilitadas.	00:01:56	116						Hay 3 botadores dañados por lo no hay que calentar las cavidades para evitar que ingrese material.
			Calibrar botadores y dejar abierto el molde en el panel del operador.	00:00:35	35	Limpiar bandeja de caída de producto			00:02:06	126	Presión y velocidad
			Limpiar placas del molde con acetato.	00:02:14	134						Para retirar el protector anticorrosión
			Esperar que el molde alcance la temperatura de trabajo y limpiar placas del molde.	00:04:56	296	Limpiar el área y colocar recibidor de producto terminado.			00:04:45	285	Se debe establecer los módulos en 250 °C
			Calibrar la unidad de inyección o carro inyector	00:01:38	98						Se acerca y ajusta la posición del tornillo al bebedero del molde.
			Configuración y calibración final.	00:03:22	202						Presiones, cantidad e material, ciclo de trabajo, temperaturas.,
			Corregir errores en la conexión de módulos.	00:05:59	359	Esperar			00:26:49	1609	La demora se generó porque el ajustador no sabía que modulo corresponde a la cavidad que debía regular la temperatura y por lo que debía estar descifrando. También había una cavidad que no debía calentar y otra que cavidad sin calentar que si debía estar caliente.
			Continuar con la configuración y calibración final.	00:15:39	939						
		6063			6063		6063				
Tiempo de trabajo	0 segundos		5309 segundos			1771 segundos					
			88,48 minutos			29,52 minutos					
Tiempo ocioso	6063 segundos		754 segundos			4292 segundos					
			12,57 minutos			71,53 minutos					

Figura 2.4 Diagrama de proceso de grupo del método actual

Fuente: Autor

De las operaciones que ejecuta el ajustador, se puede evidenciar diferentes actividades que no agregan valor al proceso de cambio de molde como: esperas, reprocesos, transportes, búsqueda de herramientas e inspecciones por procesos no confiables. En la tabla 4 se muestra el resumen del análisis del proceso de cambio de molde, donde el ajustador presenta un tiempo de acción del 88% y 12% de tiempo inactivo, por otro lado, el operador presenta un 71% de tiempo inactivo y solamente 29% de tiempo de acción en actividades que ayudan a setup.

Tabla 4
Resumen y análisis del proceso de cambio de molde

Tipo de ciclo	Tiempo de ciclo (min)	Tiempo de acción (min)	Tiempo de Inactividad (min)	% Tiempo de acción	% Tiempo de Inactividad
Ajustador	101,05	88,48	12,57	88%	12%
Operador	101,05	29,52	71,53	29%	71%

Fuente: Autor

2.1.2. Diagrama de Spaghetti

El diagrama espagueti que se muestra en la figura 2.5 se utilizó como herramienta para lograr una mejor comprensión del proceso actual de cambio de molde; aquí se representa el flujo físico que realizaron las personas durante el cambio de molde.

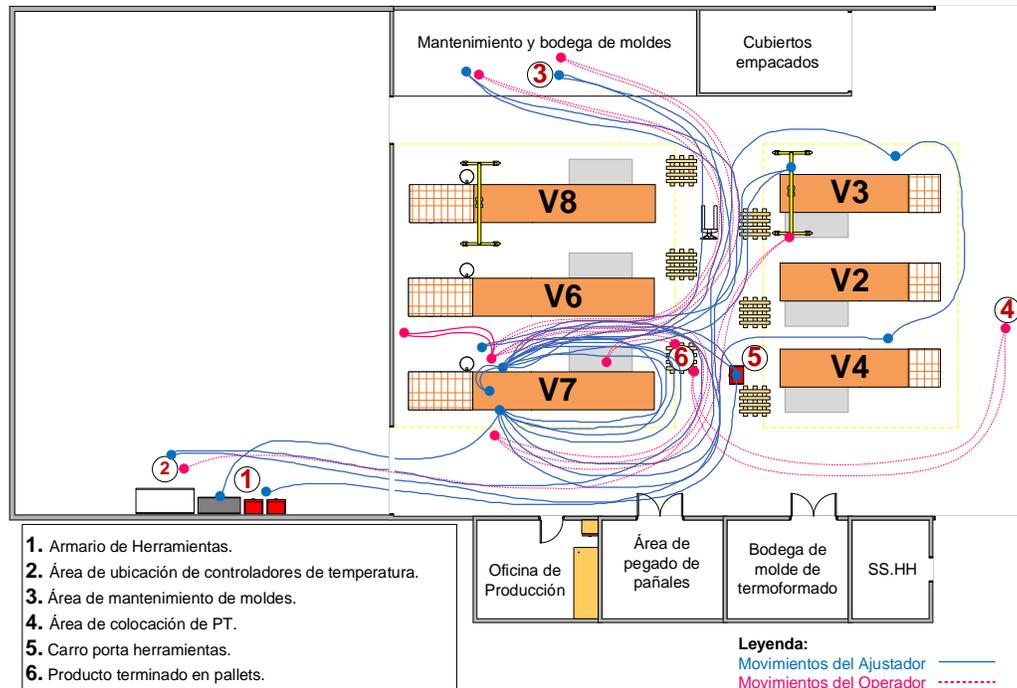


Figura 2.5 Diagrama de espagueti

Fuente: Autor

Se puede observar que las personas hicieron varios recorridos por diferentes lugares de la planta, la línea azul representa los movimientos del ajustador y la línea rosada representa los movimientos del operador, por ejemplo: fueron a traer el carro de herramientas y los controladores de temperatura, fueron a buscar los moldes en el área de mantenimiento, el ajustador se trasladó a buscar las herramientas al armario, realizó movimientos alrededor de la máquina para realizar diferentes operaciones de setup, el operador hizo recorridos por otras máquinas buscando mangueras para la conexión del circuito de refrigeración de agua, etc. De esta manera se logró identificar rápidamente los desperdicios de transportes, ineficiencias del proceso, tiempos sin valor añadido, y a la vez identificar oportunidades de mejora.

2.2. Identificación de las casusas usando herramientas cualitativas

2.2.1. Diagrama causa – efecto

Para poder buscar soluciones que ayuden a reducir el tiempo de cambio de molde, primero se realizó un análisis para determinar la causa raíz del problema. Mediante una lluvia de ideas con el equipo de trabajo y utilizando el diagrama causa-efecto como herramienta para ayudar a organizar la búsqueda de las causas o los factores involucrados en el problema tal como se muestra en la figura 2.6, se analizó el problema en 5 categorías de causas: Máquina, Materiales, Medio Ambiente, Mano de Obra y Métodos.

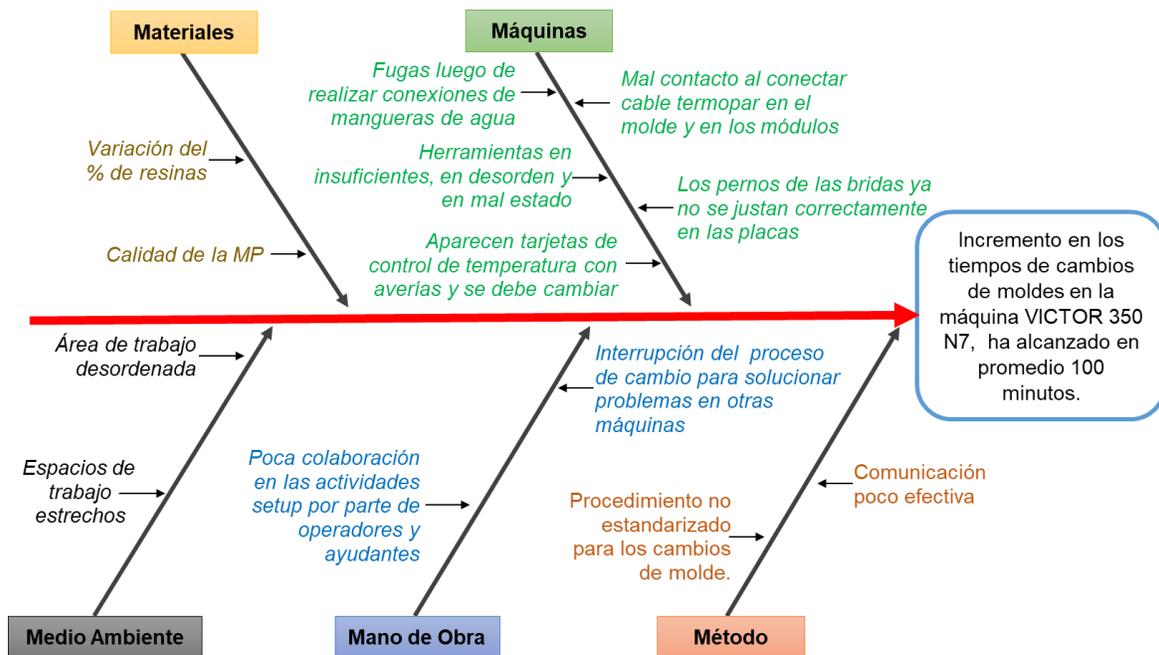


Figura 2.6 Diagrama Causa-efecto

Fuente: Autor

Algunas de las causas que generan el incremento en los tiempos de cambios de molde son: presencia de fugas de agua luego de hacer las conexiones de las mangueras en los racores del molde, los conectores de cables termopar tienen diferente sistemas de ajuste con bincha

para sujetarlos al molde y al controlador de temperatura lo que genera una conexión falsa de los módulos, las platinas móviles y fijas de la máquina de inyección tienen orificios con desgates, herramientas de trabajo desordenadas e insuficientes, área de trabajo desordenada, procedimiento no estandarizado para el cambio de moldes, entre otros.

2.2.2. Matriz de ponderación de causas

En la figura 2.7 se presenta una matriz de ponderación de causas que permite priorizar de manera ilustrativa y fácil las causas de las demoras en los cambios de molde que debemos prestar más atención. Esta matriz se basa en dos criterios: el impacto que genera y la complejidad del control que tiene la causa.

En el cuadrante de color verde se ubicaron las causas manejables que se pueden controlar y que tiene alto impacto al problema enfocado. En el cuadrante de color naranja se ubican aquellas causas que son difíciles de controlar, pero tiene alto impacto al problema, y es necesario de la ayuda de gerencia de producción ya que estas causas no necesariamente están bajo nuestra área y por lo tanto se necesita de un nivel de integración. En el cuadrante de color amarillo se ubican aquellas causas que son fáciles de controlar, pero tienen bajo impacto al problema. Finalmente en el cuadrante rojo se ubican aquellas causas difíciles de controlar y que tiene bajo impacto al problema.

IMPACTO	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> • Poca colaboración en las actividades de setup por parte del operador a ayudantes. • Herramientas en desorden, en mal estado e insuficientes. • Fugas luego de realizar conexiones de mangueras de agua. • Procedimiento no estandarizado para los cambios de molde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aparecen tarjetas de control de temperatura con averías y se debe cambiar. • Los pernos de las bridas no se justan correctamente en las placas (fija y móvil). • Mal contacto al conectar cable termopar en el molde y en los módulos.
	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción del proceso de cambio para solucionar problemas en otras máquinas. • Área de trabajo desordenada. • Comunicación poco efectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variación del % de resinas • Calidad de la MP • Espacios de trabajo estrechos
		BAJO	ALTO
		COMPLEJIDAD DE CONTROL	

Figura 2.7 Matriz de ponderación de causas

Fuente: Autor

2.2.3. Análisis de los 5 porqués de las causas

A continuación, se utiliza la estrategia de los 5 porqués para examinar las causas que tienen alto impacto al problema y que son fáciles de controlar. En la tabla 5 se desarrolla esta

técnica sencilla, donde se analiza cada una de las causas hasta llegar a la causa raíz del problema, luego se plantea sugerencias o determinar las acciones necesarias para eliminar la causa raíz y solucionar problema.

Tabla 5

Análisis de las causas con la técnica de los 5 ¿Por qué?

Ronda 1	Hipótesis	Ronda 2	Hipótesis	Ronda 3	Acción
Herramientas en desorden, en mal estado e insuficientes					
¿Por qué tienen las herramientas en desorden, en mal estado e insuficiente?		¿Por qué no ha reemplazado las herramientas extraviadas y dañadas?		¿Por qué no hay controles adecuados sobre las herramientas de trabajo?	<ul style="list-style-type: none"> Adquirir herramientas faltantes y para sustituir a las que están en mal estado. Adecuar un armario o un tablero para la organización y localización de herramientas aplicando 2's.
Porque no se ha reemplazado les herramientas extraviadas y dañadas.	Yes	Porque no se lleva controles sobre adecuados.	Yes	Porque desconocen de un método para organizar su entorno de trabajo.	
Poca colaboración en las actividades de cambio de molde por parte de operadores y ayudantes.					
¿Por qué hay poca colaboración por parte de los operadores y ayudantes en las actividades de setup?					<ul style="list-style-type: none"> Capacitar al operadores y ayudantes en el proceso de cambio de molde.
Porque no han recibido capacitación ni entrenamiento.	Yes				
Fugas luego de realizar conexiones de mangueras de agua.					
¿Por qué aparecen las fugas de agua luego de realizar las conexiones de las mangueras?		¿Por qué los racores y mangueras han perdido sus características de calidad?		¿Por qué no se hace un reemplazo preventivo de estos elementos?	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el cambio de manguera y racores de los moldes de acuerdo con su vida útil. Construir un probador de fugas de aguas.
Porque los racores y las mangueras no hacen el ajuste adecuado.	Yes	Porque no se hace un reemplazo preventivo de estos elementos.		Porque no hay repuestos en la bodega.	
			Yes	Porque no se hace un seguimiento adecuado de estos elementos para conocer la vida útil o frecuencia de reemplazo.	
Procedimiento no estandarizado para los cambios de molde					
¿Por qué no existen procedimientos estandarizados para los cambios de molde?		¿Por qué nunca se había analizado y documentado el proceso de cambio de moldes?		¿Por qué se realizan los cambios de molde en base a la experiencia?	<ul style="list-style-type: none"> Implementar un método que permita reducir los tiempos de cambios de

Porque nunca se había analizado y documentado el proceso de cambio de moldes.	Yes	Porque se realiza los cambios de molde en base a la experiencia.	Yes	Por la ausencia de un método ágil que permita incrementar la rapidez del cambio de molde y que ayude a no afectar la calidad y disponibilidad de la máquina.	moldes (sistema SMED).
Los pernos de las bridas ya no se justan correctamente en las placas					
¿Por qué los pernos de sujeción de bridas ya se ajustan correctamente en las placas?		¿Por qué tienen desgaste de su rosca interior?		¿Por qué se están utilizando pernos de diferentes longitudes?	<ul style="list-style-type: none"> Rectificar roscar interior de las placas porta molde que presentan desgaste.
Porque tienen desgaste en su rosca interior.	Yes	Porque se están utilizando pernos de diferentes longitudes (más pequeños).	Yes	Porque los pernos para sujetar los moldes en las placas no están estandarizados.	
Mal contacto al conectar cable termopar en el molde y en los módulos					
¿Por qué se genera un mal contacto al conectar cable termopar en los sockets de los moldes y los controladores de temperatura?		¿Por qué el dispositivo de ajuste de los sockets no coincide?			<ul style="list-style-type: none"> Cambiar los sockets de los cables termopar que están con errores.
Porque las binchas de ajuste del cable no se acoplan con el ajuste del molde o controlador.	Yes	Cuando se los mandó a reparar lo sustituyeron por otro.			
Aparecen tarjetas de control de temperatura con averías y se debe cambiar					
¿Por qué aparecen tarjetas con averías que deben ser reemplazadas?		¿Por qué no se ha reemplazado las tarjetas con fallas?			<ul style="list-style-type: none"> Adquirir nuevos módulos de temperaturas.
Porque mantenimiento no ha reemplazado las tarjetas con fallas.	Yes	Porque ya no se pueden reparar.			

Fuente: Autor

2.2.4. Matriz de priorización de soluciones

Con el listado de las acciones necesarias para solucionar el problema evaluamos con el equipo de trabajo cada acción a través de una matriz de priorización de soluciones para, a través de la lista de soluciones potenciales, seleccionar las mejores.

La figura 2.8 muestra la matriz de priorización donde se evalúa el impacto que la acción provoca sobre la variable dependiente, es decir sobre el tiempo de cambio de moldes, y el esfuerzo que se requiere para la implementación de la acción.

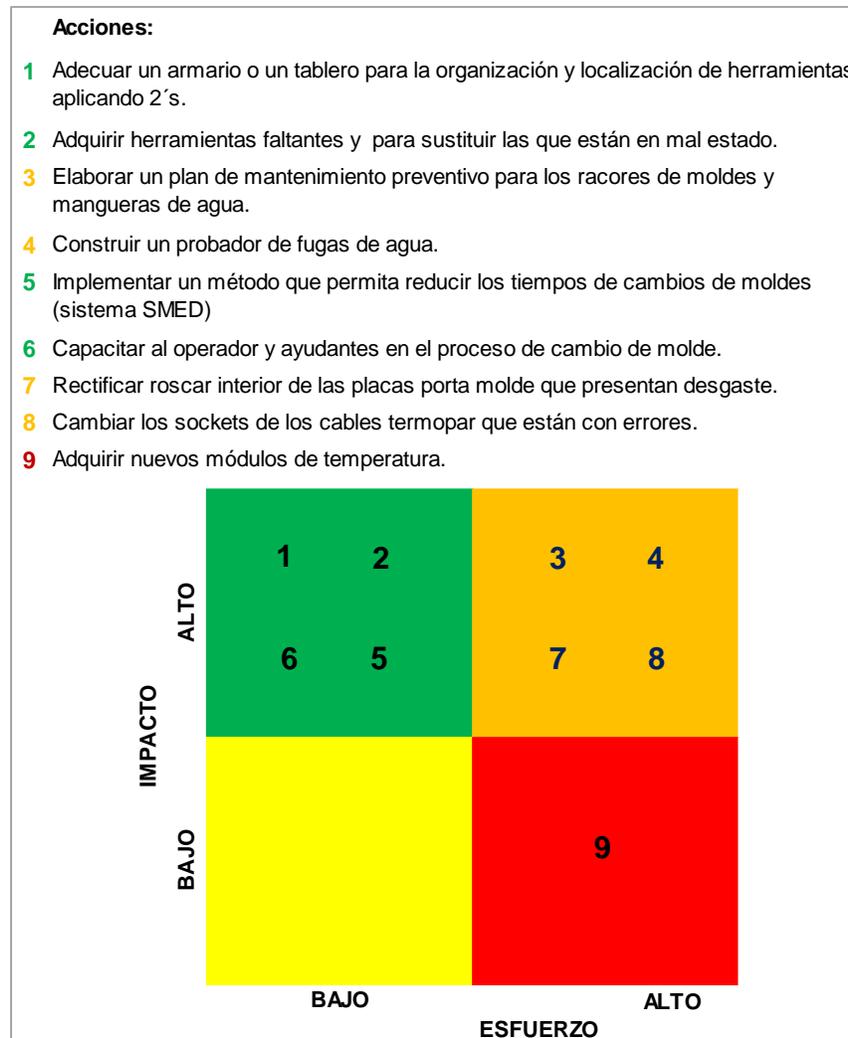


Figura 2.8 Matriz de priorización de soluciones

Fuente: Autor

2.3. Plan de implementación

En la tabla 6 se detalla el plan de acción a implementarse de manera inmediata, el plan se desarrolló contestando en conjunto con el equipo de trabajo a diferentes preguntas: ¿Qué acciones deberán ser implementadas?, ¿Cómo serán implementadas?, ¿Dónde serán implementadas?, ¿Cuál es la fecha de entrega de la implementación?, ¿Por qué se debe implementar? Y ¿Quién es responsable de la implementación?

Aquellas acciones que necesitan alto esfuerzo y generan alto impacto queda a criterio de la empresa para su implementación. En el desarrollo de este proyecto no se consideran estas acciones por el tiempo que tomará realizar las mejoras, el costo que involucran las mismas y dado que se necesita la colaboración del área de mantenimiento, pero implementación sin duda contribuirá reducir más el tiempo de cambio de molde.

Tabla 6

Plan de implantación de acciones que requiere bajo esfuerzo y genera un alto impacto

Causa raíz	¿Qué?	¿Por qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Quién?	¿Cuánto?	¿Cuándo?	Estado
Herramientas en desorden, en mal estado e insuficientes	Adecuar un armario o un tablero para organizar y localizar las herramientas aplicando 2's.	Porque permite tener organizado las herramientas de trabajo y optimiza el tiempo de búsqueda.	Verificando un lugar adecuado para colocar el armario de herramientas y organizando las herramientas de acuerdo con la frecuencia de uso.	Armario de herramientas.	Supervisor	Sin costo	06/01/2024	Terminado
	Adquirir herramientas faltantes y para sustituir las que están en mal estado.	Porque es necesario tener las herramientas necesarias y en buen estado para realizar el trabajo.	Mediante levantamiento del inventario de herramientas y solicitudes de compra de herramientas.	Área de Inyección	Jefe de Producción	\$ 120	En espera	Terminado
Procedimiento no estandarizado para los cambios de molde.	Implementar un método que permita reducir los tiempos de cambios de moldes (Sistema SMED).	Para redefinir un nuevo proceso de cambio de moldes.	Distribuyendo las actividades a todos los involucrados de cambio de molde para ejecutar tareas en paralelo y de manera sincronizada, y aplicando diferentes técnicas para mejorar las actividades de cambio de molde.	Máquina de Inyección VICTOR #7	Analista	Sin costo	11/01/2024	Terminado
Poca colaboración en las actividades setup por parte de operadores y ayudantes	Capacitar al operador y ayudantes en el proceso de cambio de molde.	Porque deben tener claro las actividades que ellos deben ejecutar en el proceso de cambio de molde.	Capacitación teórica y práctica.	Área de Inyección	Analista Técnico de Proceso	\$250 Aprox.	06/01/2024	Terminado

Fuente: Autor

2.4. Implementación de las mejoras

2.4.1. Capacitación al equipo de trabajo

Para empezar con la implementación de las mejoras fue necesario efectuar una capacitación al personal involucrado en el proyecto: el ajustador del área de inyección, una persona de mantenimiento de moldes, dos operadores y supervisor del área, tal como se muestra en la figura 2.9 En esta charla se trataron temas indispensables como 5's, 8 desperdicios y la metodología SMED que sirviera como base para la implementación de las mejoras.



Figura 2.9 Capacitación teórica sobre conceptos básicos

Fuente: Autor

2.4.2. Organización de las herramientas aplicando 2s

Se aplicó el método de las 2s para clasificar y ordenar las herramientas de trabajo. La primera S: Clasificar, donde se desechó todos los objetos que no son necesarios, dañados, obsoletos y que están de más. Aquellos objetos que no se usan son separados para luego tomar una acción. En los objetos separados que ya no son necesarios se colocó Tarjetas Rojas.

La segunda S: Ordenar, los objetos que son necesarios y que se los va a usar se los ordena asignando un lugar para cada cosa considerando que se pueda coger y usar fácilmente, así como devolverlo a su lugar apropiado. Para identificar la mejor ubicación se toma en cuenta la frecuencia de uso (diaria, semanal, mensual). Se utiliza como estrategia identificar con nombre y pintura la localización de las herramientas.

De esta manera se tiene todas las herramientas mejor organizadas y ordenadas, en definitiva, para ser más productivos ya que se elimina cualquier demora o desplazamiento inútil en la búsqueda al momento de necesitarlas para realizar el cambio de molde. En la figura 2.10 se ilustra la adecuación de un armario con un tablero en donde cada herramienta se encuentra graficada de tal manera que se pueda identificar rápidamente si falta alguna de las herramientas.

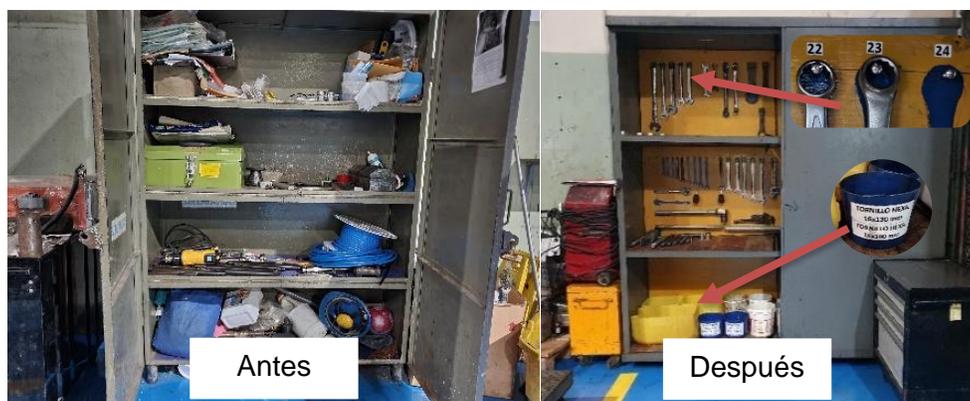


Figura 2.10 Armario de herramientas ordenadas y organizadas

Fuente: Autor

2.4.3. Implementación del Sistema SMED

2.4.3.1. Etapa 1: Identificar y separar operaciones internas y externa

Una vez identificadas la totalidad actividades desarrolladas durante el cambio de molde a través el diagrama de procesos de grupo de la figura 2.4, se procede analizar cada una de las actividades para poder determinar cuáles son actividades internas, que se realizan con la máquina parada, y cuales son actividades externas, ejecutadas cuando la máquina está en marcha.

En la tabla 7 se muestra la clasificación de la operaciones y de acuerdo con el método de trabajo actual se puede notar que 45 actividades se ejecutan con la máquina de inyección detenida, estas actividades van desde la operación de detener la máquina hasta la configuración y calibración, y tiene un tiempo de 98,35 minutos; también se identificó que únicamente dos operaciones se realizan cuando la máquina está en marcha, estas son: cerrar el paso de agua helada y la ejecución de 4 o 5 inyectadas, y tiene un tiempo de 2,7 minutos, el resumen de estos tiempos se muestra en la figura 2.11.

Tabla 7

Clasificación de operaciones internas y externas del método actual

N°	Actividades	Tiempo por actividad		Tipo de actividad	
		Tiempo	seg	Interna	Externa
	INICIO				
1	Cerrar el paso de agua helada.	0:00:44	44		X
2	Ejecuten 4 o 5 inyectadas.	0:01:58	118		X
3	Detener el proceso de inyección y dejar abierto el molde.	0:00:06	6	X	
4	Apagar los controladores de temperatura de molde.	0:00:07	7	X	
5	Realizar limpieza de las placas de molde y colocar espray protector.	0:00:37	37	X	
6	Cerrar el paso de agua de torre al molde.	0:00:40	40	X	

7	Desconectar las mangueras del agua del molde y colocar bincha de seguridad.	0:00:54	54	X	
8	Esperar hasta que el operador termine de despeje el área.	0:01:27	87	X	
9	Mover el carro de herramientas a la máquina.	0:00:15	15	X	
10	Llevar los raches a los dos lados de la unidad de cierre donde aloja el molde.	0:00:24	24	X	
11	Desbridar el molde en el lado posterior de la unidad donde aloja el molde.	0:02:21	141	X	
12	Desconectar socket de controlador de temperatura del molde.	0:00:21	21	X	
13	Colocar cáncamo.	0:00:13	13	X	
14	Sujetar gancho de carga al cáncamo del molde y templar la cadena.	0:00:21	21	X	
15	Desbridar el molde en la puerta principal de la unidad donde aloja el molde.	0:00:49	49	X	
16	Desprender molde del anillo centrador en la platina fija abriendo platina móvil.	0:04:10	250	X	
17	Izar y extraer molde fuera de la máquina.	0:00:48	48	X	
18	Extraer agua del molde utilizado aire comprimido por los racores.	0:01:33	93	X	
19	Colocar el molde en el carrito y trasladar el molde al área mantenimiento.	0:00:39	39	X	
20	Llevar el nuevo molde desde el área de mantenimiento a la unidad.	0:00:27	27	X	
21	Conectar gancho de carga al cáncamo del nuevo molde e izar para introducir en unidad de cierre de la máquina.	0:01:02	62	X	
22	Centrar molde acoplado el anillo centrador en el orificio de la platina fija.	0:01:10	70	X	
23	Embridar molde en la platina fija del lado principal (1 bridas).	0:01:58	118	X	
24	Cargar la receta.	0:00:16	16	X	
25	Ajustar la prensa con el panel del operador.	0:00:28	28	X	
26	Embridar molde en la platina móvil (2 bridas) y fija (1 bridas) de un lado.	0:03:31	211	X	
27	Desconectar gancho de sujeción.	0:00:24	24	X	
28	Buscar llave Allen para aflojar pernos de cáncamo.	0:00:27	27	X	
29	Extraer cáncamo del molde	0:00:34	34	X	
30	Abrir el molde para la conexión de mangueras.	0:00:19	19	X	
31	Buscar mangueras pequeñas para las conexiones de agua en el molde.	0:00:38	38	X	
32	Realizar las conexiones de mangueras para el agua helado y agua de torre en los racores del molde (entradas y salidas).	0:09:59	599	X	
33	Solicitar a mantenimiento la colocación de 2 racores faltantes y reemplazar uno en mal estado.	0:06:11	371	X	
34	Verificar fugas y corregir problemas y errores en las conexiones.	0:01:34	94	X	
35	Buscar cables termopar para conectar controladores de temperatura al molde.	0:03:09	189	X	
36	Conectar controlador de temperatura al socket del molde.	0:03:35	215	X	
37	Corregir fuga de agua.	0:05:16	316	X	
38	Encender módulos para calentar las cavidades habilitadas.	0:02:13	133	X	

39	En el panel de operador calibrar automáticamente fuerza de cierre.	0:03:06	186	X	
40	Verificar que los módulos estén encendidos de acuerdo con las cavidades con botadores habilitadas.	0:01:56	116	X	
41	Calibrar botadores y dejar abierto el molde en el panel del operador.	0:00:35	35	X	
42	Limpiar placas del molde con acetato.	0:02:14	134	X	
43	Esperar que el molde alcance la temperatura de trabajo y limpiar placas del molde.	0:04:56	296	X	
44	Calibrar la unidad de inyección o carro inyector	0:01:38	98	X	
45	Configuración y calibración final.	0:03:22	202	X	
46	Corregir errores en la conexión de módulos.	0:05:59	359	X	
47	Continuar con la configuración y calibración final.	0:15:39	939	X	
	Segundos	6063	5901	162	
	Minutos	101,05	98,35	2,7	

Fuente: Autor



Figura 2.11 Comparación de tiempos de las actividades de setup

Fuete: Autor

Al momento de clasificar las operaciones desarrolladas en el cambio de molde a simple vista se detectan problemas que forman parte de la rutina de trabajo, ya que muchas de las operaciones que se efectúan con la máquina parada se pueden realizar con la máquina en marcha. Aun sabiendo que el preparativo de las herramientas y equipos no se debe hacer cuando la máquina está parada, sin embargo, se hace; que el puesto de trabajo debe estar libre y despejado para que el ajustador que hace el cambio de molde pueda realizar la operación correctamente, pero muchas veces se empieza a despejar el área recién cuando la máquina está detenida.

2.4.3.2. Etapa 2: Convertir operaciones internas en externas

Luego de clasificar todas las operaciones en internas y externas del proceso actual de cambio de molde, con el equipo de SMED se estudió una por una las operaciones para examinar si es posible convertir las actividades internas en externas tal como se muestra en la figura 2.12.

Para analizar cada una de las actividades partimos de la pregunta ¿esta operación se podría ejecutar con la máquina en marcha? Algunas de las operaciones ejecutadas como actividades internas sin ningún problema podrían ser realizadas cuando la máquina aún está en marcha por lo tanto en esta fase se convierten en actividades externas, por ejemplo: despejar el área para facilitar el cambio, mover el carro de herramientas al área de cambio de molde, buscar las herramientas, extraer el agua que queda en el molde luego de extraerlo de la máquina, traer el molde nuevo desde el área de mantenimiento a la máquina, buscar manguera para el circuito de refrigeración del agua, en otros.

La tabla 8 muestra la conversión de las actividades internas a externas y se identifica algunos desperdicios, las mismas que fueron determinadas por el equipo de trabajo mediante un focus group, especialmente por el dueño del proceso, es decir el ajustador.



Figura 2.12 Focus Group para el análisis de las actividades

Fuente: Autor

Tabla 8

Conversión de operaciones internas en externas

N°	Actividades	Tipos de actividad		
		Interna	Externa	Desperdicios
	INICIO			
1	Cerrar el paso de agua helada.		X	
2	Ejecuten 4 o 5 inyectadas.		X	
3	Detener el proceso de inyección y dejar abierto el molde.	X		
4	Apagar los controladores de temperatura de molde.	X		
5	Realizar limpieza de las placas de molde y colocar espray protector.	X		

6	Cerrar el paso de agua de torre al molde.	X		
7	Desconectar las mangueras del agua del molde y colocar bincha de seguridad.	X		
8	Esperar hasta que el operador termine de despeje el área.			X
9	Mover el carro de herramientas a la máquina.		X	
10	Llevar los raches a los dos lados de la unidad de cierre donde aloja el molde.		X	
11	Desbridar el molde en el lado posterior de la unidad donde aloja el molde.	X		
12	Desconectar socket de controlador de temperatura del molde.	X		
13	Colocar cáncamo.	X		
14	Sujetar gancho de carga al cáncamo del molde y templar la cadena.	X		
15	Desbridar el molde en la puerta principal de la unidad donde aloja el molde.	X		
16	Desprender molde del anillo centrador en la platina fija abriendo platina móvil.	X		
17	Izar y extraer molde fuera de la máquina.	X		
18	Extraer agua del molde utilizado aire comprimido por los racores.		X	
19	Colocar el molde en el carrito y trasladar el molde al área mantenimiento.	X		
20	Llevar el nuevo molde desde el área de mantenimiento a la unidad.		X	
21	Conectar gancho de carga al cáncamo del nuevo molde e izar para introducir en unidad de cierre de la máquina.	X		
22	Centrar molde acoplado el anillo centrador en el orificio de la platina fija.	X		
23	Embridar molde en la platina fija del lado principal (1 bridas).	X		
24	Cargar la receta.	X		
25	Ajustar la prensa con el panel del operador.	X		
26	Embridar molde en la platina móvil (2 bridas) y fija (1 bridas) de un lado.	X		
27	Desconectar gancho de sujeción.	X		
28	Buscar llave Allen para aflojar pernos de cáncamo.		X	
29	Extraer cáncamo del molde	X		
30	Abrir el molde para la conexión de mangueras.	X		
31	Buscar mangueras pequeñas para las conexiones de agua en el molde.		X	
32	Realizar las conexiones de mangueras para el agua helado y agua de torre en los racores del molde (entradas y salidas).	X		
33	Solicitar a mantenimiento la colocación de 2 racores faltantes y reemplazar uno en mal estado.		X	
34	Verificar fugas y corregir problemas y errores en las conexiones.			X
35	Buscar cables termopar para conectar controladores de temperatura al molde.		X	
36	Conectar controlador de temperatura al socket del molde.	X		
37	Corregir fuga de agua.			X
38	Encender módulos para calentar las cavidades habilitadas.	X		
39	En el panel de operador calibrar automáticamente fuerza de cierre.	X		
40	Verificar que los módulos estén encendidos de acuerdo con las cavidades con botadores habilitadas.			X

41	Calibrar botadores y dejar abierto el molde en el panel del operador.	X		
42	Limpiar placas del molde con acetato.	X		
43	Esperar que el molde alcance la temperatura de trabajo y limpiar placas del molde.			X
44	Calibrar la unidad de inyección o carro inyector	X		
45	Configuración y calibración final.	X		
46	Corregir errores en la conexión de módulos.			X
47	Continuar con la configuración y calibración final.	X		
		31	10	6
	Segundos	3849	1033	1181
	Minutos	65,15	17,22	19,68

Fuente: Autor

Con un análisis crítico y analítico de cada una de las operaciones se observa que existen movimientos innecesarios, generados por cosas básicas como en el caso de no tener todas las herramientas y útiles debidamente organizados o ubicados. También se identificó actividades que constituyen desperdicios al proceso de cambio de molde como: tiempos de espera por actividades de limpieza de área y calentamiento de molde, reproceso por reconexión de mangueras de agua que presentan fugas y malas conexiones de sockets del cable termopar al molde y al controlador de temperatura.

En la figura 2.13 se puede observar que al convertir las actividades internas en externa se logra reducir 17,22 minutos, logrando así, un tiempo de setup de 83,83 minutos; también, al eliminar los desperdicios se logra reducir 19,689 minutos, teniendo un tiempo de setup de 61,45 minutos.

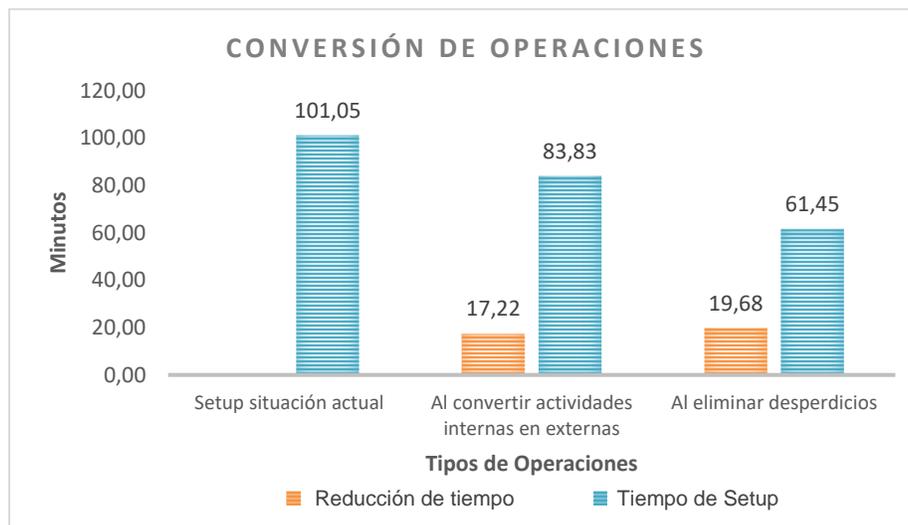


Figura 2.13 Tiempo esperado al convertir las actividades y eliminar los desperdicios

Fuente: Autor

2.4.3.3. Etapa 3: Optimización de las operaciones internas y externas

Con el equipo de trabajo se analizan las causas que generan las demoras en los tiempos de cambios de molde y se busca optimizar todas las operaciones internas y externas con el propósito de reducir al máximo los tiempos que toman actualmente las actividades de setup. Se estudia la posibilidad de implementar diferentes técnicas como: una mejor localización, identificación y organización de herramientas y elementos para el cambio de molde, redefinir y estandarizar un nuevo procedimiento de cambio de molde ejecutando actividades en paralelo, redistribuyendo las operaciones a cada integrante y sincronizando las tareas para acortar movimientos y los tiempos empleados en las operaciones de setup, estandarizar el uso de herramientas de ajuste, entre otros.

Mejoras en el transporte de herramientas

Luego de organizar todas las herramientas en el armario, automáticamente se mejora el transporte de las herramientas y elementos necesarios para realizar el cambio de molde, teniendo a la mano solamente lo necesario. En la figura 2.14 se puede observar al antes y el después del carro de herramientas transportando los utillajes, de esta manera se logra eliminar el desorden y la cantidad de herramientas innecesarias para el proceso.



Figura 2.14 Transporte de herramientas

Fuente: Autor

Identificación de controladores de temperatura

En la línea de inyección existen 27 controladores de temperatura, que se utilizan dependiendo de molde que se va a trabajar en la máquina de inyección, estos pueden ser de gabinetes de 1, 4, 6 hasta 8 zonas. Por tal razón, es importante etiquetar los controladores de temperatura para identificar con una simple inspección a que molde corresponde, además con esto se evita demoras en la búsqueda y errores en la selección del módulo a utilizar.

En la figura 2.15 se muestra un ejemplo de cómo se identificó, mediante una etiqueta, a los diferentes módulos disponibles en la línea de inyección. Además, el anexo 1 muestra el detalle de los módulos que se utilizan dependiendo del molde a trabajar, esta es información importante ya que permite tener módulos correctos listos para el cambio de moldes.



Figura 2.15 Identificación de módulos de acuerdo con el molde de inyección

Fuente: Autor

Estandarización de pernos para sujeción de molde

Se estandariza los pernos hexagonales en tres tipos de medidas dependiendo del espesor de las placas del molde que son las que se sujetan con las bridas a las platinas de la unidad de cierre donde aloja el molde de la máquina de inyección VICTOR 7, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Estandarización de pernos para sujetar molde en la unidad de cierre que aloja el molde

MOLDES	ESPESOR DE PLACA DE MOLDE (mm)		PERNOS DE SUJECIÓN EN LAS PLATINAS DE LA INYECTORA (mm)	
	Hembra	Macho	Lado placa hembra	Lado placa macho
Base Copa Veneciana de 8 onzas / 12 onzas	50	50	20 x130	20 x130
Cuerpo de Copa Veneciana de 8 onzas	50	50	20 x130	20 x130
Cuerpo de Copa Veneciana de 12 onzas	50	50	20 x130	20 x130
Vaso 12 onz.	45	46	20 x130	20 x130

Cuerpo copa champagne	30	45	20 x 100	20 x130
Tenedor Linea Superior	41	41	20 x 110	20 x 110
Cuchara Sopera China	36	41	20 x 110	20 x 110
Cuchara Heladera	46,2	40	20 x130	20 x 110
Tenedor pimolo	46	40	20 x130	20 x 110
Cuchara Tenedor	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchillo pimolo	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchara mediana pimolo	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchara Grande Apilable	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchara Mediana Linea Superior	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchillo Linea Superior	40	40	20 x 110	20 x 110
Cuchara Sopera Linea Superior	40	40	20 x 110	20 x 110
Tenedor Apilable	36	36	20 x 110	20 x 100
Cuchara sopera grande (POP)	26	26	20 x 100	20 x 100
Tapa tarrina PC02	23	23	20 x 100	20 x 100



Fuente: Autor

Adoptar operaciones en paralelo

Al estudiar la carga de trabajo de las personas que participan en el cambio de molde se evidencio que la mayor parte de las actividades son realizadas por el ajustador, por tal razón en esta etapa se definió las actividades que debe realizar cada uno de los integrantes distribuyendo equitativamente de tal manera que la carga de trabajo quede balanceada entre los trabajadores. De esta manera, se toma la decisión de realizar el nuevo proceso de cambio los cambios de molde entre tres participantes: el ajustador, el operador y el ayudante de operador, tal como se muestra en las tablas 10, 11 y 12 con las actividades definidas para cada uno de ellos.

Tabla 10

Actividades que debe realizar el Ajustador

El puesto de trabajo del ajustador debe ser en la unidad de control de la máquina, siendo el líder del grupo de trabajo.	
NÚMERO	ACTIVIDADES DEL AJUSTADOR
1	Empujar el tecla hacia la unidad de cierre, o prensa, que aloja el molde.
2	Apagar el regulador de temperatura del molde (módulo de control de canales caliente). Colocar desmoldante grado alimenticio a las placas del molde. Proceder a cerrar.
3	Retirar las mangueras de los racores del molde.
4	Desbridar el molde. Retirar el sistema de perno, tuerca y platina de sujeción si es necesario, depende del ancho del molde.
5	Colocar platina lateral que sujeta las placas del molde (bincha de seguridad)
6	Retroceder sistema de cierre, plato móvil, para que el molde sea liberado.
7	Sacar molde de máquina, es elevado y puesto en el carro transportador con la ayuda del tecla.
8	Meter el molde en la máquina. Centrar molde (anillo de centro con el orificio de la máquina) con la ayuda del tecla.
9	Bridar la parte fija del molde.
10	Adelantar el sistema de cierre. Bridar la placa móvil del molde.
11	Retirar la platina lateral que sujetan las placas del molde (bincha de seguridad) si es necesario o dejarla fija sobre una sola placa del molde.
12	Ajustar la unidad de cierre. Apriete entre la placa fija-móvil del molde.
13	Retroceder el sistema de cierre. Con las placas del molde abierto conectar el sistema de refrigeración a los racores del molde.
14	Purgar husillo, si es necesario en cambio de color o material. Retirar las tortas.
15	Cargar receta a la máquina, ajuste de parámetros de operación (flujo, presión, temperatura)
16	Retirar el material solidificado (espiga o vena) formada en el bebedero del molde con la ayuda de la barra de bronce y un golpeador de aluminio.
17	Se ejecuta varios ciclos, se coloca desmoldante en las placas si es necesario. Aprobación de producción.

Fuente: Autor

Tabla 11

Actividades que debe realizar el Operador

El puesto de trabajo del operador debe ser en la unidad de cierre, realizando actividades paralelas que agilicen el proceso de cambio de molde.	
NÚMERO	ACTIVIDADES DEL OPERADOR
1	Empujar el tecla hacia la unidad de cierre o prensa que aloja el molde.
2	Cerrar el sistema de refrigeración. Retirar las mangueras de los racores del molde.
3	Desbridar molde. Retirar el sistema completo de perno, tuerca y platina de sujeción si es necesario (depende del ancho del molde a montar).
4	Colocar las platinas laterales que sujetan las placas del molde (Bincha de seguridad)
5	Sacar molde de la máquina, es elevado y puesto en el carro transportador con la ayuda del tecla.
6	Dar mantenimiento a las placas de la unidad de cierre (limpieza, aplicación de antioxidantes)
7	Centrar molde. Anillo de centrado del molde insertado en el orificio de la máquina. Colocar nivel al molde si es necesario.

8	Bridar la placa del molde. Conectar el sistema de refrigeración.
9	Retirar las platinas laterales que sujetan las placas del molde (Bincha de seguridad).
10	Bridar la placa móvil del molde. Terminar de conectar el sistema de refrigeración.
11	Abrir el flujo de agua al molde.
12	Ajuste de parámetros de operación (flujo, presión, temperatura).

Fuente: Autor

Tabla 12

Actividades que debe realizar el Ayudante de operador

El ayudante debe realizar las actividades complementarias en el proceso de cambio de molde.	
NÚMERO	ACTIVIDADES DEL AYUDANTE
1	La bandeja metálica y el scrap de producción. Estas actividades deben ser realizadas con los demás ayudantes de máquina, que terminen de empacar la producción fuera del área de la máquina y tener espacio suficiente para el cambio de trabajo.
2	Desconectar el regulador de temperatura del molde.
3	Conectar el cable eléctrico del teclé. Retirar la mesa de trabajo con todos los implementos.
4	Colocar cáncamo en el molde, enganchar al teclé y retirar el regulador si es necesario.
5	Retirar el material de la tolva, si es necesario.
6	Tener listo 2 carros para las siguientes actividades: a) El primer carro debe estar desocupado, para recibir el molde desmontado y transportarlo a mantenimiento. b) El segundo carro de estar con el molde a montar, lo más cerca de la unidad de cierre.
7	Limpeza de la tolva. Aspirar el material excedente si existe un cambio de color o materia prima.
8	Retirar el cáncamo del molde y conectar el regulador de temperatura del molde.
9	Desconectar y retirar el teclé de la máquina.
10	Mover mesa de trabajo con todos los implementos, colocar bandeja metálica y el tacho de scrap. Estas actividades pueden ser realizadas con los demás ayudantes de máquina.
11	Limpeza del área de trabajo.

Fuente: Autor

2.4.3.4. Etapa 4: Estandarizar y elaborar formatos

A continuación, se elaboraron diferentes formatos que describen el nuevo método para realizar el cambio de moldes y de esta manera garantizar su correcta aplicación y que sea usado por todos los actores y a la vez facilite su aplicación en las demás máquinas de la línea de inyección, de igual manera que sea sostenible en el tiempo para poder lograr el éxito de su aplicación y la mejora continua.

Formato de check list de herramientas y elementos para cambio de molde

En la figura 2.16 se presenta el formato de check list de las herramientas y elementos que se ocupan en el cambio de molde y que deben ser revisados previo al trabajo de setup por parte del ajustador.

PRODUCCION - INYECCION		REVISIÓN:01
LISTA DE CHEQUEO DE HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS PARA CAMBIO DE TRABAJO		
Fecha: _____	Molde Desmontado: _____	Máquina: _____
Hora: _____	Molde Montado: _____	Responsable de la Inspección: _____
Marque con un V si están las herramientas, caso contrario marcar x e informar al supervisor inmediatamente		
HERRAMIENTAS A REVISAR		
Rache pequeño (2 unidades)		
Dados para rache pequeño, (2 unidades)		
Palanca 89-302 CR-V con rache, (2 unidades)		
Dados para rache grande, (2 unidades)		
Llaves de boca y corona #19 (V1-V5), 2 unidades, para retirar y colocar la columna guía o Araña		
Llaves allen #10 para las platinas laterales del sistema de sujeción de las placas móvil y fija del molde, 2 unidades		
Llave allen # 14, # 17, # 19 3/4 para colocar y retirar el sistema de elevación del molde (cáncamo, platina, pernos)		
Llave de boca # 17, 1 unidad		
Sistema de elevación del molde (Cáncamo, Platina, 2 Pernos)		
Nivel, si es necesario depende del molde a montar		
Bridas sistema compuesto de pernos, tuercas, platina de sujeción		
ELEMENTOS A REVISAR		
Programa de trabajo		
Molde a montar que se encuentre operativo (anillo centrado, acoples)		
Materia prima puesto cerca de máquina		
Teclé, cerca de la unidad de cierre de la máquina		
Mangueras para agua y aire		
Modulo de control de temperatura, según el molde a montar.		
Tropos, tacos de madera		
Desmoldante de grado alimenticio, antioxidantes (Spray protector anticorrosión)		
Dos carretas cerca de máquina, una vacía para el desmontaje del molde y la otra con el molde a montar		
Racor de emergencia		
Teflón		
Bronce		
Golpeador de aluminio		
Guantes para temperatura		
Cronometro		
Gafas protectoras		
Fundas de empaque		
_____	_____	
Operador	Supervisor de Producción	

Figura 2.16 Formato de Check List

Fuente: Autor

Formato de orden de trabajo de cambio de molde

El formato de orden de trabajo de cambio de molde de la figura 2.17 permite recoger los problemas presentados durante el trabajo de setup y su propósito es revisar continuamente el proceso para impulsar la mejora continua buscando soluciones a los problemas y otros factores que permitan optimizar el proceso.

2.5. Prueba piloto

Para validar el nuevo procedimiento de cambio de molde se hace una prueba piloto. En las figuras 2.18, 2.19 y 2.20 se muestra la realización de las diferentes actividades en paralelo ejecutadas por cada uno de los integrantes del equipo de cambio de molde. Mediante el trabajo sincronizado y con las actividades asignadas equitativamente se logra ejecutar el cambio de molde en 39,15 minutos.

La figura 2.18 muestra el momento en que el ajustador, desde el lado principal de la unidad donde aloja el molde (panel de control), luego de haber detenido la máquina de inyección, deja abierto el molde, procede a realizar la limpieza de las placas del molde y coloca spray protector; mientras tanto, desde el lado posterior de la unidad donde aloja el molde el operador está retirando las mangueras del circuito de refrigeración, a la vez que el ayudante despeja toda el área dejando espacio suficiente para realizar el cambio de molde.

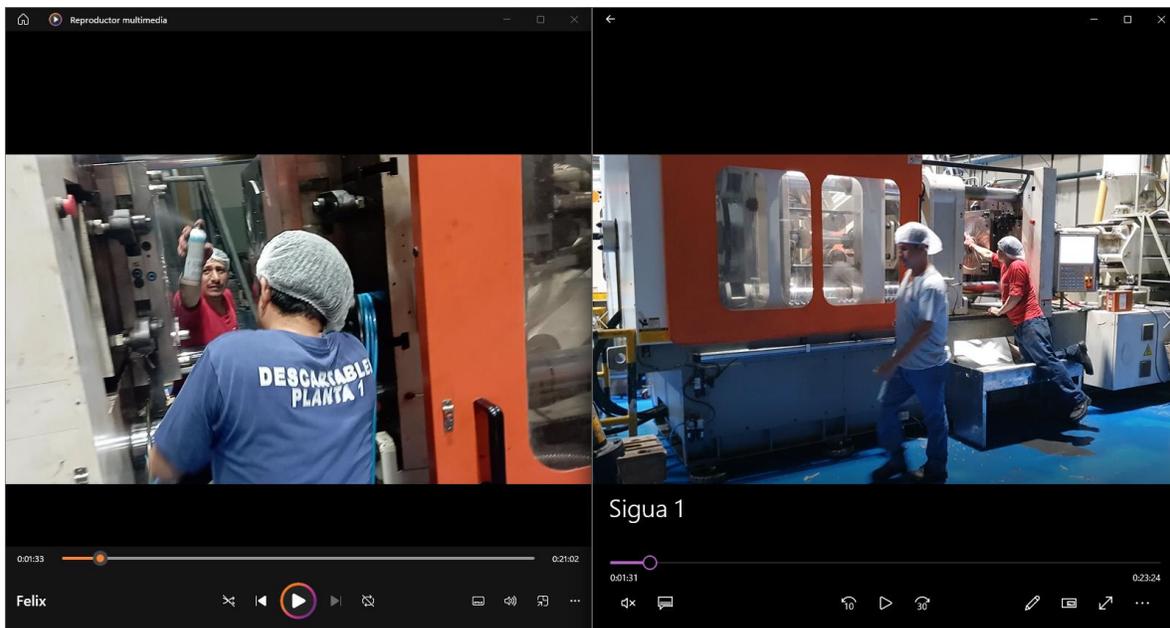


Figura 2.18 Retirar mangueras de circuito de refrigeración, colocación de desmoldante y limpieza de área

Fuente: Autor

La figura 2.19 muestra el instante en que se termina de desmontar el molde, aquí el ajustador con la ayuda de grúa iza el molde y lo coloca en el carro que previamente el ayudante tenía listo para recibir el molde, mientras tanto el operador desde la parte posterior está realizando una limpieza a las platinas de la unidad de cierre.

La figura 2.20 muestra el momento en el que el ajustador está colocando las bridas que sujetan el molde en las placas de la unidad de cierre, a la vez que el operador está realizando la conexión de las mangueras del circuito de refrigeración, y el operador está retirando el cáncamo y conectando el cable termopar al socket del molde para proceder a calentar.

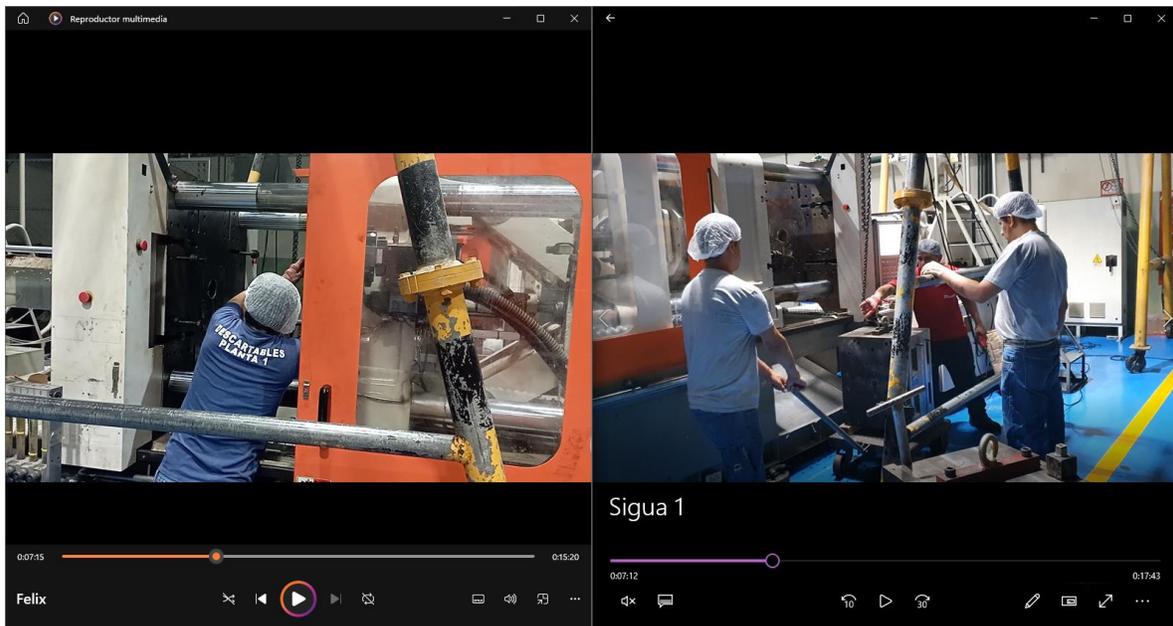


Figura 2.19 Extracción del molde, colocación en carro y limpieza de platinas

Fuente: Autor

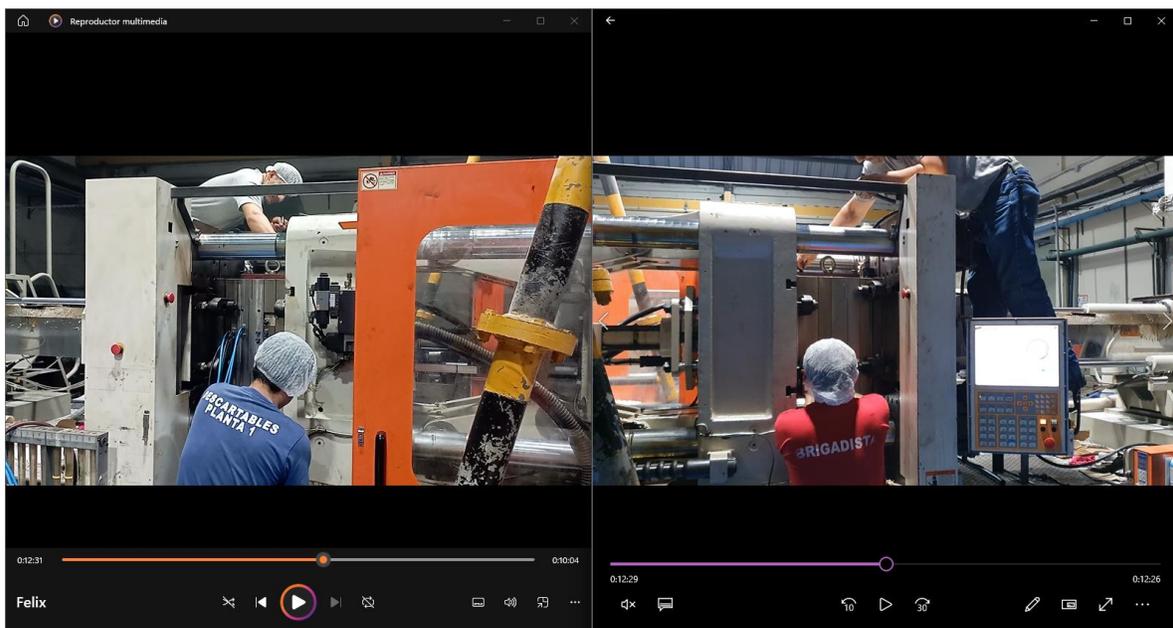


Figura 2.20 Conexión de sistema refrigeración, retirar cáncamo y embridar molde

Fuente: Autor

2.6. Evidencia de la validación del cliente

En la figura 2.21 se muestra la evidencia de la validación del cliente luego de aplicar las acciones de mejoras establecida en el plan de implementación y haber ejecutado una prueba piloto de cambio de molde.

HCL iNotes Victor Cruz

Correo Inicio Correo-Ban... Aplicacion d... SALIDA DE ... Rm: Reducc...

Responder Responder a todos Remitir Más Nuevo Mostrar

Rm: Reducción de los tiempos de cambios de molde en la línea de inyección mediante la aplicación de la metodología SMED. Martes, 16 de enero de 2024 15:37

Cesar Parra
 Para: Victor Cruz
 Cc: Tyrone Pillasagua [Mostrar detalles](#)

Estimado Ing. Víctor Cruz de acuerdo a los resultados que presenta hay una reducción del 60% del tiempo de un cambio de molde, lo que significa un aumento de la disponibilidad de horas maquina, aplicando la metodología actual al área de inyección, esto significaría 377.4 horas maquina adicionales anuales para la producción en la línea de inyección. lo que se traduce en un aumento de 6.264 kilos anuales aproximadamente.
 Considero tomar en cuenta replicar esta nueva metodología para en el área de termo formado, favor te pido liderar esta aplicación conjuntamente con los supervisores. Cualquier necesidad de recursos, favor hacerme llegar para facilitartelo.
 Las herramientas estarán disponibles para el día de mañana.

César Parra Márquez
 Jefe de producción manufactura consumo - Descartable
 S.A
 T. (+593) ext. 269
 Km 11.5 Vía a Daule Av. Prindpal Guayaquil-Ecuador.
[www.](#)[.com](#)
 Síguenos en:

Imprima este documento, solo si es necesario. Cuidemos el medio ambiente.

----- Remitido por Cesar Parra con fecha 15/01/2024 13:04 -----

De: Victor Cruz/I
 Para: Cesar Parra/I
 cc: Tyrone Pillasagua/
 Fecha: 13/01/2024 20:28
 Asunto: Reducción de los tiempos de cambios de molde en la línea de inyección mediante la aplicación de la metodología SMED.

Estimado Ing. Cesar Parra:

De acuerdo con el plan establecido el día 29/12/2023 para la implementación de la metodología SMED en la VICTOR #7 con el equipo de trabajo, le informo que esta semana hemos concluido con la implementación de las acciones de mejora; únicamente haría falta tener en mano las herramientas solicitadas que permitirán ejecutar las operaciones de setup en paralelo de acuerdo con el nuevo procedimiento definido.

Hoy hemos ejecutado una prueba piloto (**Molde desmontado:** Cuchillo Línea Superior, **Molde montado:** Cuchara Mediana Pimolo) y obtuvimos buenos resultado, superamos las expectativas (lograr el cambio en 80 minutos), ya que logramos realizar el cambio de molde en 40 minutos aproximadamente. Por tal razón, la información obtenida a partir de este estudio queda como precedente y servirá como base para replicar la metodología en toda la línea de inyección.

Considere también ejecutar aquellas acciones que quedaron como propuesta y que no se han podido ejecutar en el presente estudio debido al tiempo y al esfuerzo que esto implica:

Figura 2.21 Informe y aprobación de resultados del proyecto por parte del cliente

Fuente: Autor

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Con las acciones de mejoras implementadas y la ejecución de la prueba piloto, se analizan los resultados obtenidos con aplicación la metodología SMED en la máquina de inyección VICTOR 350 N°7 para evaluar el impacto generado en el proceso de cambio de molde y determinar si se logró alcanzar las expectativas proyectadas.

3.1. Diagrama de proceso de grupo con el nuevo método de cambio de molde

Inicialmente con la prueba piloto ejecutada se logró obtener un excelente resultado, realizando el cambio de molde en 39,15 minutos, esto sirve como base para hacer un análisis más detallado del diagrama de proceso del grupo y del diagrama espagueti con el nuevo método de cambio de molde y compararlo con la situación inicial.

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de procesos de grupo del nuevo del método de cambio de molde en la máquina de inyección que es caso de estudio, aquí intervienen 3 personas y se muestra la relación exacta entre los ciclos ociosos y operativos de dos trabajadores. Se puede ver que las actividades más importantes del cambio de molde las ejecutan el ajustador y el operador, estas actividades están distribuidas equitativamente de tal manera que se ejecuten de forma sincronizada y se eliminen los ciclos ociosos. Por otro lado, el ayudante ejecuta actividades secundarias que ayudan al cambio de molde, en este caso el ayudante si presenta ciclos ociosos, esto debido a que para el nuevo producto no se cambió el color ni el tipo de materia prima, pero en los casos en que se deba cambiar, el ayudante tendrá el tiempo suficiente para realizar la actividad de limpieza de la tolva.

Es así como, el ajustador y el operador, ejecutan únicamente aquellas actividades que agregan valor al proceso de cambio de molde, eliminado aquellas que no agregan valor tal como se muestra en diagrama de proceso de grupo del método antes de la implementación del SMED como: esperas, reprocesos, transportes, búsqueda de herramientas e inspecciones por procesos no confiables. En la tabla 13 se muestra el resumen del análisis del proceso de cambio de molde, donde el ajustador y el operador presenta un tiempo de acción del 100%, por otro lado, el ayudante presenta un 61% de tiempo de acción y 39% de tiempo ocioso acción.

Tabla 13

Resumen y análisis del nuevo proceso de cambio de molde

	Tiempo de Ciclo	Tiempo de acción (min)	Tiempo de Inactividad (min)	% Tiempo de acción	% Tiempo de Inactividad
Ajustador	39,15	39,15	0	100%	0%
Operador	39,15	39,15	0	100%	0%
Ayudante	39,15	23,78	15,37	61%	39%

Fuente: Autor

Máquina:	VICTOR N° 7	Molde anterior:	CUCHILLO LINEA SUPERIOR	Nuevo molde:	CUCHARA MEDIANA PIMOLO	Fecha:	12/1/2024	Hora de inicio:	21:51:00	Hora final:	22:30:09
Ajustador: JHONNY SIGUA			Operador: FELIX SÁNCHEZ			Ayudante: FRANCISCO MINDIOLAZA					
Operación		Tiempo		Operación		Tiempo		Operación		Tiempo	
Ejecutar 4 inyecciones		0:00:00	0:01:00	Cerrar el sistema de refrigeración y esperar hasta que el proceso de inyección se detenga.		0:00:00	0:01:00	En actividad de producción		0:00:00	0:01:00
INICIO				INICIO				INICIO			
Detener el proceso de inyección, retroceder el carro de inyección y dejar abierto el molde.		0:01:13	0:00:13	Retirar las mangueras de los racores del molde.		0:02:00	0:01:00	Retirar la mesa de trabajo con todos los implementos, la bandeja metálica y el scrap de producción. Despejar el área con el espacio suficiente para realizar el cambio de molde.		0:02:00	0:01:00
Apagar el regulador de temperatura del molde (módulo de control de canales caliente).		0:01:17	0:00:04	Colocar las platinas laterales que sujetan las placas del molde (Bincha de seguridad)		0:02:33	0:00:33	Empujar el tecla hacia la unidad de cierre o prensa que aloja el molde.		0:02:16	0:00:16
Colocar desmoldante grado alimenticio a las placas del molde. Proceder a cerrar en molde.		0:01:54	0:00:37	Desbridar molde. Retirar el sistema completo de perno, tuerca y platina de sujeción si es necesario (depende del ancho del molde a montar).		0:06:20	0:03:47	Conectar el cable eléctrico del tecla. Retirar la mesa de trabajo con todos los implementos.		0:03:13	0:00:57
Retirar las mangueras de los racores del molde.		0:02:16	0:00:22	Sacar molde de la máquina, es elevado y puesto en el carro transportador con la ayuda del tecla.		0:06:45	0:00:25	Desconectar el regulador de temperatura del molde.		0:03:21	0:00:08
Desbridar el molde. Retirar el sistema de perno, tuerca y platina de sujeción si es necesario, depende del ancho del molde.		0:06:07	0:03:51	Dar mantenimiento a las placas de la unidad de cierre (limpieza, aplicación de antioxidantes)		0:08:18	0:01:33	Colocar cáncamo en el molde, enganchar al tecla y retirar el regulador si es necesario.		0:03:58	0:00:37
Retroceder sistema de cierre, plato móvil, para que el molde sea liberado.		0:06:30	0:00:23	Centrar molde. Anillo de centrado del molde insertado en el orificio de la máquina. Colocar nivel al molde si es necesario.		0:08:51	0:00:33	Limpiar el área (secar agua).		0:06:00	0:02:02
Sacar molde de máquina, es elevado y puesto en el carro transportador con la ayuda del tecla.		0:07:13	0:00:43	Bridar el molde a pa placa fija.		0:10:00	0:01:09	Tener listo 2 carros, uno para recibir el molde desmontado y el otro debe estar con el molde a montar, lo más cerca de la unidad de cierre.		0:07:13	0:01:13
Meter el molde en la máquina. Centrar molde (anillo de centro con el orificio de la máquina) con la ayuda del tecla.		0:08:47	0:01:34	Retirar las platinas laterales que sujetan las placas del molde (Bincha de seguridad).		0:10:31	0:00:31	Transporta el molde a mantenimiento.		0:07:30	0:00:17
Bridar la parte fija del molde.		0:10:00	0:01:13	Bridar la placa móvil del molde.		0:13:50	0:03:19	Ayudar a centrar el molde moviendo la grúa.		0:08:47	0:01:17
Adelantar el sistema de cierre. Bridar la placa móvil del molde.		0:13:24	0:03:24	Esperar la calibración automática de la fuerza de cierre d la placa móvil		0:16:14	0:02:24	Espera retirar la grúa		0:10:00	0:01:13
Ajustar la unidad de cierre. Apriete entre la placa fija-móvil del molde. Calibración automática.		0:16:14	0:02:50	Conectar el sistema de refrigeración.		0:17:00	0:00:46	Desconectar y retirar el tecla de la máquina		0:11:57	0:01:57
Retroceder el sistema de cierre. Con las placas del molde abierto conectar el sistema de refrigeración a los racores del molde.		0:19:50	0:03:36	Abrir el flujo de agua al molde.		0:18:25	0:01:25	Retirar el cáncamo del molde y conectar y encender el regulador de temperatura del molde.		0:13:24	0:01:27
Calentar molde. Cambiar de cable termopar y módulo, el molde no está calentando. Esperar que el molde caliente		0:32:35	0:12:45					Mover mesa de trabajo con todos los implementos, colocar bandeja metálica y el tacho de scrap.		0:19:45	0:06:21
Cargar receta a la máquina, ajuste de parámetros de operación (flujo, presión, temperatura)		0:33:16	0:00:41	Ajuste de parámetros de operación (flujo, presión, temperatura).		0:40:09	0:21:44	Limpieza del área de trabajo		0:26:00	0:06:15
Se ejecuta varios ciclos, se coloca desmoldante en las placas si es necesario. Aprobación de producción.		0:40:09	0:06:53					Espera		0:40:09	0:14:09
		0:39:09				0:39:09				0:39:09	
Tiempo de trabajo (minutos)		39,15				39,15				23,78	
Tiempo ocioso (minutos)		0				0				15,37	

Figura 3.1 Diagrama de proceso de grupo con el nuevo método de cambio de molde

Fuente: Autor

En la figura 3.2 se muestra la comparación del tiempo de cambio de molde antes y después de la implementación de la metodología SMED, y también el tiempo que se logró reducir. Inicialmente el tiempo de cambio de molde tomaba un tiempo de 101,05 minutos, luego de la implementación se logró realizar el cambio en 39,15 minutos. Esto representa un porcentaje de reducción del 61,26% del tiempo de cambio de molde en la máquina de inyección VICTOR 350 N7 con la implementación de la metodología SMED.

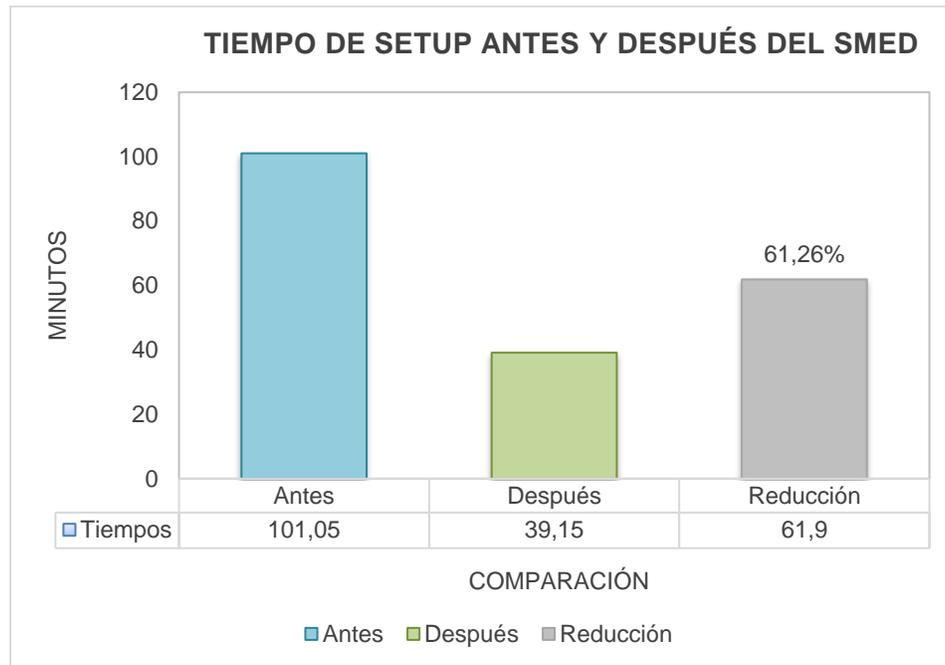


Figura 3.2 Comparación de tiempos de cambio de molde antes y después de SMED

Fuente: Autor

El porcentaje de reducción obtenido se da por la conversión de actividades internas a externas y la optimización de las operaciones de cambio de molde tanto internas como externas mediante el uso de diferentes técnicas para reducir la duración de estas actividades especialmente la adopción de operaciones en paralelo para el caso de las actividades internas.

3.2. Diagrama espagueti con el nuevo procedimiento de cambio de molde

Al realizar el nuevo diagrama espagueti se evidencia un cambio con respecto a la situación inicial, aquellas actividades que se identificaron como desperdicio se eliminaron casi por completo ya que todas las herramientas y elementos necesarios para el cambio son alistadas, revisadas por el supervisor y ubicadas lo más cerca de la máquina o en el lugar donde se va a ocupar (en la puerta principal y posterior de la unidad donde se aloja el molde) antes de iniciar el cambio de molde.

La figura 3.3 muestra el diagrama espagueti de acuerdo con el nuevo método de cambio de molde. Se puede ver que, tanto para el ajustador como para el operador, representadas por la línea azul y rosada respectivamente, prácticamente ya no existe aquellas actividades

que generaban desperdicios de transporte y que no agregaban valor al proceso como: la búsqueda de herramientas, el transporte de los módulos de temperatura, movimientos alrededor de la máquina para realizar actividades de setup, búsqueda de mangueras, entre otras. En cuanto al ayudante, representada por la línea verde, si realiza algunos movimientos propios de las actividades complementarias que ejecuta durante el proceso de cambio de molde.

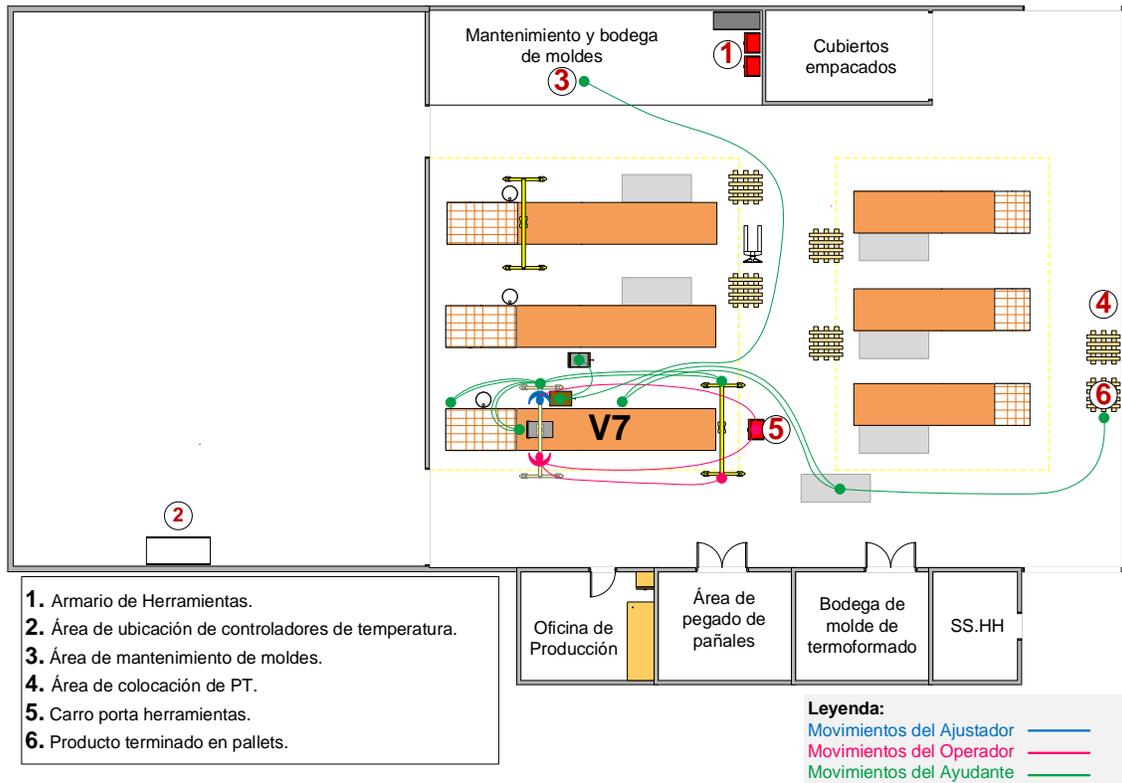


Figura 3.3 Diagrama espagueti con el nuevo proceso de cambio de molde

Fuente: Autor

3.3. Evaluación de resultados con diferentes mediciones de cambios de molde

Considerando como hipótesis el objetivo SMART planteado en el capítulo 1 donde se menciona: “Reducir en un 20% el tiempo promedio de cambio de molde en la máquina VICTOR 350 N7, pasando de 100 minutos a 80 minutos mediante la implementación del SMED para mejorar la flexibilidad de la línea” y luego de hacer diferentes mediciones del proceso de cambio de molde estandarizado, se evalúa el impacto real que la herramienta genera en el proceso de toda la línea de inyección.

En la figura 3.4 se muestra el promedio de 3 observaciones de cambio de molde después de la implementación del SMED, 44 minutos, en comparación con el promedio de las observaciones antes de la implementación, 100 minutos; representando una reducción del 56%.

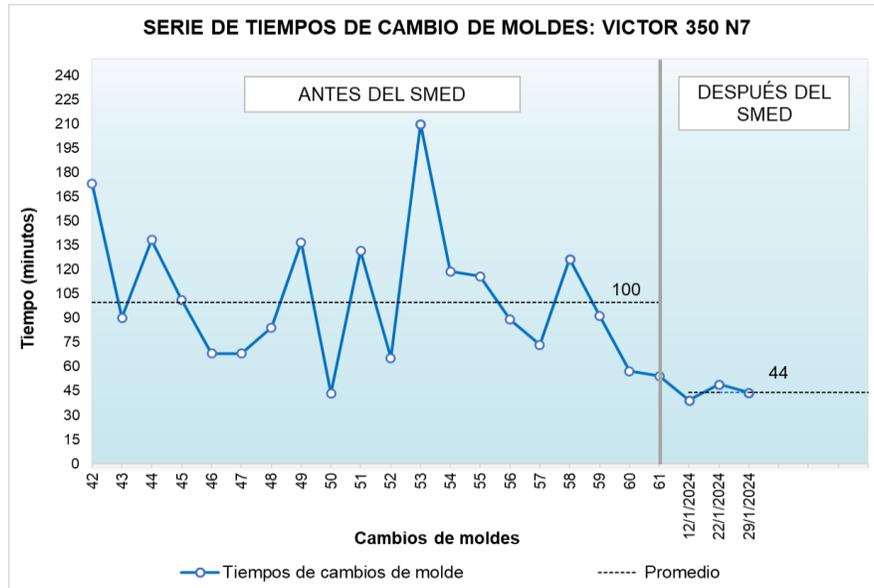


Figura 3.4 Serie de tiempos de cambios de molde antes y después estandarizado

Fuente: Autor

3.4. Impacto financiero

Para el análisis financiero se considera toda la línea de inyección conformada por 6 máquinas inyectoras. Este análisis tiene como objetivo determinar de manera cuantitativa y económica el costo de la operación del proyecto y así poder evaluar y visualizar la rentabilidad y recuperación de este en el tiempo.

En la tabla 14 se muestra el detalle de los costos incurridos en la capacitación al equipo de trabajo como parte de la implementación de las acciones mejoras.

Tabla 14

Costos de capacitación y entrenamiento

Cargo	Sueldo	Costo por hora		Horas de capacitación		Costos Total	
		Normal	50%	Teórica	Práctica	Hora 50%	Hora Normal
Ajustador	\$550,00	\$2,29	\$3,44	6	0	\$20,63	\$0,00
Operador	\$492,00	\$2,05	\$3,08	6	120	\$18,45	\$246
Operador	\$492,00	\$2,05	\$3,08	6	0	\$18,45	\$0,00
Supervisor	\$750,00	\$3,13	\$4,69	6	0	\$28,13	\$0,00
						\$ 331,65	

Fuente: Autor

Las capacitaciones teóricas se impartieron en tres sesiones de 2 horas y luego de cumplir las 8 horas normales de trabajo, por lo tanto, se generan costos por horas de trabajo con recargo del 50%. La capacitación práctica recibió un operador durante 3 semanas en las horas normales de trabajo y de lunes a viernes. Es necesario el entrenamiento práctico porque esta persona será quien realizará operaciones en paralelo para agilizar el proceso de cambio de molde. El costo total de capacitación es de 331,65 dólares.

En la tabla 15 se detalla el costo de adecuación del armario y adquisición de herramientas necesarias para realizar el cambio de molde. El costo generado es de 253,60 dólares.

Tabla 15

Costos de implementación de armario de herramientas

Inversiones	Cantidad	Costos Unitario	Total
Pedazo de triplex Playwood	3	\$7,00	\$21,00
Galón de pintura amarilla esmalte	1	\$11,00	\$11,00
Brochas	2	\$3,00	\$6,00
Herramientas (raches, dados, llaves, flexómetro, destornilladores, otros)			\$120,00
Candado	2	\$5,00	\$10,00
Pernos, tornillos, ganchos.			\$20,00
Mano de obra para limpiar, organizar y adecuar el armario.	32 horas	2,05 \$/hora	\$65,60
			\$253,60

Fuente: Autor

Con la reducción de los tiempos de cambios de molde en la línea de inyección mediante la aplicación de la metodología SMED se tiene como beneficio el incremento de la disponibilidad de las horas-máquina en producción. Sabiendo que, antes del SMED los cambios de molde tomaban 100 minutos en promedio, y después del SMED se logra hacer los cambios de molde en 44 minutos en promedio, se logra aumentar en un 56% la disponibilidad de las horas máquina de la línea de inyección en cada cambio de molde para seguir produciendo. Esto se traduce en que se obtendrá más kilogramos de producto terminado disponible para la venta.

En la tabla 16 se muestran los índices proporcionados por la empresa que servirán como base para el cálculo de las utilidades obtenidas por aumento de los kilogramos de producción. El costo de producir un kilogramo de producto terminado se estima en 4,07 dólares y se determina al sumar los costos de la mano de obra, costos indirectos de fabricación y costos de los materiales.

De acuerdo con los índices de productividad del año 2023 en la línea de inyección se tiene en promedio 16,60 kg/H-Máquina. El índice de costo de venta se determinó sacando el promedio de los tres últimos años (años 2021: 6,12 \$/kg, año 2022: 6,60 \$/kg y año 2023: 6,17 \$/kg) dando un valor de venta promedio de 6,29 \$/kg.

En la tabla 17 se muestra la utilidad extra obtenida al tener producto terminado disponible para la venta por el incremento de la disponibilidad de horas máquina para producción como

efecto directo de la reducción de los tiempos de cambio de molde en la línea de inyección. Se determina que el ingreso potencia que genera el ahorro de tiempo en los cambios de moldes es de 13.930,08 dólares anuales. Para este cálculo se toma referencia la cantidad de cambios de moldes de se realizó en el año 2023.

Tabla 16

Índices para el cálculo de ingreso potencial

Descripción	Valor		Unidad
Cantidad de producción de máquina	16,60		Kg/H-Máquina
Costo de producción	MO	\$0,62	\$4,07
	CIF	\$0,86	
	MTL	\$3,00	
Costo de venta	\$6,29		\$/kg

Fuente: Autor

Tabla 17

Cálculos de ingreso potencial por mes

Mes	Cantidad de setup para año 2024	Tiempo promedio setup ANTES (min)	Tiempo promedio setup DESPUÉS (min)	Reducción del tiempo de setup (min)	Incremento disponibilidad de máquina		Utilidad extra (\$/mes)
					Tiempo máquina en producción (horas)	Producción adicional (kg)	
Febrero	27	100	44	55	24,99	414,76	\$921,84
Marzo	31				28,69	476,20	\$1.058,41
Abril	30				27,76	460,84	\$1.024,27
Mayo	28				25,91	430,12	\$955,99
Junio	37				34,24	568,37	\$1.263,27
Julio	44				40,72	675,90	\$1.502,26
Agosto	36				33,31	553,01	\$1.229,13
Septiembre	35				32,39	537,65	\$1.194,98
Octubre	37				34,24	568,37	\$1.263,27
Noviembre	36				33,31	553,01	\$1.229,13
Diciembre	34				31,46	522,29	\$1.160,84
Enero	33				30,54	506,93	\$1.126,70
TOTAL							\$13.930,08

Fuente: Autor

Con los valores calculados se elabora el flujo de caja para un horizonte de 12 meses de evaluación para determinar la viabilidad y la rentabilidad del proyecto, como muestra la figura 3.5. Con un Valor Actual Neto (VAN) de \$ 5.928,76 mayor a 0 se determina que se recupera la inversión inicial al primer en el primer mes y se obtiene la rentabilidad deseada. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 75,26% el cual me indica que por cada \$100 invertidos se obtiene un ingreso de \$75,26 cada año.

DATOS	Inicial	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Tiempo de cambios de molde ahorrados (horas)		0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Promedio mensual de cambios de moldes		27	31	30	28	37	44	36	35	37	36	34	33
Producción de máquina (Kg/H-Máquina)		16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60
Costo de producción (\$/kg)		\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07	\$4,07
Precio de venta (\$/kg)		\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29	\$6,29
Utilidad (\$)		\$921,84	\$1.058,41	\$1.024,27	\$955,99	\$1.263,27	\$1.502,26	\$1.229,13	\$1.194,98	\$1.263,27	\$1.229,13	\$1.160,84	\$1.126,70

FLUJO DE CAJA													
(+) INGRESOS													
Ingreso por incremento de oportunidades de venta		\$921,84	\$1.058,41	\$1.024,27	\$955,99	\$1.263,27	\$1.502,26	\$1.229,13	\$1.194,98	\$1.263,27	\$1.229,13	\$1.160,84	\$1.126,70
(-) EGRESOS													
Mano de Obra (operador adicional para cambio de molde = 4 h * 21 días * 2,05 \$/h)		-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20	-\$172,20
Capacitación a operador del otro turno		-\$246,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO													
Utilidad bruta		\$503,64	\$886,21	\$852,07	\$783,79	\$1.091,07	\$1.330,06	\$1.056,93	\$1.022,78	\$1.091,07	\$1.056,93	\$988,64	\$954,50
(-) IMPUESTOS													
Participación trabajadores (15%)		\$ -75,55	\$-132,93	\$-127,81	\$-117,57	\$-163,66	\$-199,51	\$-158,54	\$-153,42	\$ -163,66	\$-158,54	\$ -148,30	\$ -143,17
I.R. (25%)		-\$125,91	-\$221,55	-\$213,02	-\$195,95	-\$272,77	-\$332,52	-\$264,23	-\$255,70	-\$272,77	-\$264,23	-\$247,16	-\$238,62
(=) UTILIDAD DESPUÉS DE IMPUESTO													
Utilidad Neta		\$ 302,19	\$ 531,73	\$ 511,24	\$ 470,27	\$ 654,64	\$ 798,04	\$ 634,16	\$ 613,67	\$ 654,64	\$ 634,16	\$ 593,18	\$ 572,70
(-) INVERSIÓN INICIAL													
Implementación de armario de herramientas	-\$253,60												
Capacitaciones a equipo de trabajo	-\$331,65												
(=) Flujo de caja	-\$585,25	\$302,19	\$531,73	\$511,24	\$470,27	\$654,64	\$798,04	\$634,16	\$613,67	\$654,64	\$634,16	\$593,18	\$572,70

VAN	\$5.928,76
TIR	75,26%

Figura 3.5 Flujo de caja de proyecto de mejora

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. Se observó el proceso actual de cambio de molde en la máquina de inyección VICTOR 350 N7 mediante filmación, a partir del cual, se elaboró el diagrama de proceso de grupo y el diagrama de espagueti para lograr comprender de mejor manera el proceso actual, consecuentemente, mediante el diagrama causa efecto se identificó las principales causas que generan el incremento en los tiempos de cambio de molde y se determinó las acciones necesarias para solucionar el problema.
2. Una vez analizado el proceso actual de cambio de molde se determinó que en total se ejecutaron 47 actividades, de las cuales 45 correspondieron a actividades internas y solo 2 a externas, luego se estudió cada una de estas actividades de forma analítica y se logró convertir 8 actividades internas a externas, además se identificó 6 desperdicios generados en el proceso de cambio de molde, por consiguiente, se redujo de 47 a 31 las actividades que se ejecutan de manera interna.
3. Con la conversión de operaciones internas a externas y la eliminación de los desperdicios se redujo de 101,05 minutos a 61,45 minutos el tiempo empleado para el cambio de molde; y con la optimización de las actividades internas, donde se adoptó operaciones en paralelismo entre tres personas, se ejecutó una prueba piloto y se logró reducir a 39,15 minutos, por lo tanto, se consiguió una reducción total del 61,26% del tiempo de cambio de molde y con este resultado quedó estandarizado el nuevo proceso de cambio de molde.
4. Se realizó la medición de tres cambios de molde con el nuevo procedimiento estandarizado y se logró pasar de 100 minutos en promedio antes del SMED a 44 minutos en promedio después del SMED por lo que se alcanzó una reducción del 56%, superando el objetivo planteado que era de 20%.

4.2. Recomendaciones

1. Para lograr una mayor reducción de los tiempos de cambio de molde se recomienda implementar aquellas acciones de la matriz de priorización de soluciones que requieren un alto esfuerzo en su implementación pero que generan un alto impacto para la solución del problema, estos son: elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el cambio de manguera y racores de los moldes de acuerdo con su vida útil, construir un probador de fugas de aguas, rectificar roscar interior de las placas porta molde que presentan desgaste y cambiar los sockets de los cables termopar que están con errores.

2. Se recomienda extender la metodología SMED en toda la línea de inyección para lograr mayor beneficio en el incremento de la disponibilidad de las horas-máquina para actividad producción y aumentar los kilogramos de producto terminado disponible para la venta.
3. Realizar reuniones continuamente o eventos kaizen con el equipo SMED para visualizar los resultados alcanzados y de esta manera analizar y desarrollar soluciones a los problemas presentados en el proceso de cambio de molde; es importante utilizar los formatos de check list y de orden de trabajo de cambio de molde ya que esto dará la retroalimentación para mantener el mejoramiento continuo en el proceso.
4. Se recomienda fomentar la cultura Lean mediante capacitaciones a los colaboradores para contribuir activamente a la optimización de los procesos y asegurar la sostenibilidad en el tiempo de la metodología SMED y de más proyectos de mejora continua que se implementen en la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Caner, E., Semra, B. (2017). SMED methodology based on fuzzy Taguchi method. *Journal of Enterprise Information Management*, 31 (6), 867-878.
<http://www.emeraldinsight.com/1741-0398.htm>
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. McGraw Hill.
- Rajadell Carreras, M. (2021). *Lean Manufacturing Herramientas para producir mejor*. Díaz de Santos. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/espol/detail.action?docID=7098400>
- Sarango Bustos, C. G. (2021). *Reducción de los tiempos de cambios de moldes en una línea de producción de tuberías plásticas mediante la aplicación de la metodología SMED* [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Taylor & Francis Group.
- Trombeta, P., De Souza, J., Volcanoglo Biehl, L., Braz Medeiros, J. L. (2020). Reducción del tiempo de cambio de molde con SMED - Cambio de un solo minuto con troquel y herramienta en una industria de calzado. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 24 (1), 43-58.

ANEXOS

ANEXO A

MÓDULOS DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA MOLDES

MOLDES		MÓDULOS				Observación
		Cantidad	Color	N° Tarjetas	Socket y Tipo de seguro	
Paleta	Cuchara mediana pimolo	8	Azul	1 Tarjeta incluida	5 pines	3 módulos no tienen cable de alimentación de 220 V
Cucharita Paleta	Cuchillo Apilable					
Cucharita Removedora	Cuchara Grande Apilable					
Pincho mini Tenedor	Cuchara Sopera Apilable					
Cucharita pimolo	Cuchara Sopera China					
Cuchara mediana	Cuchara Tenedor Apilable					
Cuchara Tenedor	Cuchara Pequeña Apilable					
Tenedor # 2	Cuchara Pequeña					
Cuchillo	Cuchara Mediana Línea Superior	2	Naranja	1 Tarjeta	5 pines	
Paleta Postre	Cuchillo Línea Superior					
Cuchara Heladera	Tenedor Línea Superior					
Cuchillo pimolo	Cuchara Grande Línea Superior					
Tenedor pimolo	Cuchara Sopera Línea Superior					
Cuchara Sopera (Molde Cuchara Grande Apilb.)						
Vaso 5 onz.	Minishop	1	Naranja	4 Tarjetas	16 Pines (Tipo B)	
Vaso 9 onz.	Taza De Café	2	Naranja	4 Tarjetas	16 Pines (Tipo A)	
Vaso 16 onz.	Cuerpo copa vino	1	Azul	4 Tarjetas	16 Pines (Tipo A)	Sin enchufe de 220 V
Vaso multicopa						
Tenedor Apilable		3	Naranja	6 Tarjetas	24 Pines (Tipo A)	Trabaja con conexión de 380 V
Base Copa Veneciana de 8 onzas / 12 onzas		2	Naranja	6 Tarjetas	24 Pines (Tipo A)	
Cuerpo de Copa Veneciana de 8 onzas						
Cuerpo de Copa Veneciana de 12 onzas						
Vaso 2 onz. (Nuevo)		2	Azul	6 Tarjetas	24 Pines (Tipo A)	
Cuerpo copa flauta		2	Azul	8 Tarjetas	2 salidas de 24 Pines (Tipo A)	
Vaso 3 onz.	Cuerpo copa champagne	1	Naranja	8 Tarjetas	2 salidas de 16 Pines (Tipo B)	
Vaso 7 onzas (Nuevo)	Cuerpo de Copa Veneciana de 6 onzas					
Vaso 12 onz.	Tapa de Copa Veneciana de 6 onzas	1	Naranja	8 Tarjetas	2 salidas de 16 Pines (Tipo A)	Falta enchufe de 220 V
Tapa multicopa	Tapa Plástica D-150	1	Naranja	8 Tarjetas	2 salidas de 16 Pines (1 Tipo A y 1 Tipo B)	
Base copa champagne / Vino						
Tapa tarrina PC02	Cuchara sopera grande (POP)	1	Negro	6 Tarjetas	2 salidas de 16 Pines (Tipo B)	1 salida para termocupla / 1 salida para resistencia

Tipo de Conector de Cable Termopar



TIPO A



TIPO B

Fuente: Autor