



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

---

**UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED PARA  
REDUCIR EL TIEMPO CICLO DE UN CAMBIO DE  
MODELO DE INYECCIÓN DE UN COMPONENTE DE  
UN HVAC**

**TESINA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO (A) EN INGENIERÍA EN PLÁSTICOS

QUE PRESENTA  
**RAMÍREZ NÚÑEZ CELSO ULISES**

ASESOR(A):  
ING. EMILIO FILEMÓN MUNGUÍA PONCE

TIANGUISTENCO, MÉX. DICIEMBRE 2017

**“Aplicación de la metodología SMED para reducir el tiempo ciclo  
de un cambio de molde de inyección de un componente de un  
HVAC”**

Por

Celso Ulises Ramírez Núñez

Asesor

Ingeniero Emilio Filemón Munguía Ponce

## **Agradecimientos**

Se le agradece a cada una de las personas que participo y ayudo en el cumplimiento de esta tesina sin ellos no pudo haber sido concretada gracias por cada uno de sus conocimientos y sus aportes para que este proyecto fuera factible, sin duda alguna conviví con grandes seres humanos los cuales fueron parte fundamental en esta tesina.

Por otra parte se le agradece a la empresa por dar su apoyo para cumplir con este proyecto y así lograr buenos resultados y con ello seguir mejorando día con día.

Nunca fue tan importante en mi vida creer que estamos aquí luchando por aprender nuevas cosas de todas las personas que nos rodean esta tesina solo se la dedico a mis seres queridos los cuales siempre han estado a mi lado y han visto cada uno de mis triunfos y fracasos, pero ante todo les quiero agradecer por su apoyo durante lo largo de mi vida.

Nunca dejen de creer en sus ideales y siempre luchan por lo que ustedes quieren vivir y lograr a lo largo de su trayectoria en este mundo nunca es tarde para comenzar a soñar y siempre recuerden vivir su vida como niños aunque no olviden tomar decisiones como adultos y así los llevara al éxito.

Bien me lo decía una persona muy especial en mi vida nunca mires hacia atrás ni para tomar impulso siempre ve hacia adelante con la cabeza en alto, una sonrisa y con una excelente actitud para demostrar cada una de tus virtudes.



## **Dedicatoria**

Esta tesina se la dedico a toda mi familia la cual siempre ha estado a mi lado durante el camino de vida, principalmente a mis padres que fueron los que me fomentaron grandes valores y me impulsaron a seguir con mis estudios.

Uno de los mejores maestros que tuve en mi vida es mi hermano Jorge y mi tía Leticia los cuales me enseñaron lo importante que es vivir el presente y que siempre debemos de aprender cosas nuevas nunca quedarse con la duda.

A los profesores e ingenieros que han convivido conmigo y me demostraron lo importante que es aplicar cada uno de los conocimientos adquiridos, a cada uno de ellos se le dedica esta tesina.

## Resumen

En la presente tesina se toca el tema de aplicación de la metodología SMED en una empresa del sector automotriz la cual se dedica a la inyección de plásticos, para ello se realizó un estudio actual de la empresa para hacer el análisis de la problemática que presentan y la cual podrá ser atacada con la metodología SMED con ayuda de otras herramientas de calidad que permitirán mejorar en la línea de producción.

Se elaboró un análisis de tiempos en los cambios de modelo en una máquina de inyección de 420 toneladas el cual nos arrojó un tiempo estimado de 35 minutos, los cuales se redujeron a tiempos entre 15 y 20 minutos, se mejoraron algunos documentos que se llevaban en la línea de producción referente a los cambios de moldes, así también se llevaron a cabo capacitaciones a los empleados que se encuentran en el área de cambios de modelo. Para ello se generaron presentaciones y fueron explicadas por los ingenieros de procesos que se encuentran a cargo de dicha línea.

Se explica cada una de las mejoras aplicadas a los puntos o problemas detectados que afectaban el tiempo de los cambios de modelo, logrando una reducción del tiempo ciclo, trayendo un beneficio económico a la empresa.

## Índice general

Agradecimiento.....	i
Dedicatoria.....	ii
Resumen.....	iii
Índice.....	iv
Listado de imágenes.....	v
Listado de gráficas.....	vii
Listado de tablas.....	viii
Capítulo I.....	1
Capítulo II.....	14
Capítulo III.....	20
Capítulo IV.....	30
Capítulo V.....	50
Conclusión.....	72
Recomendaciones y experiencia vivida.....	76
Glosario de términos.....	77
Anexos.....	80
Referencias.....	83

## Índice de imágenes

Imagen 3.1.....	23
Imagen 3.2.....	24
Imagen 3.3.....	26
Imagen 4.1.....	30
Imagen 4.2.....	36
Imagen 4.3.....	46
Imagen 4.4.....	47
Imagen 4.5.....	48
Imagen 4.6.....	49
Imagen 5.1.....	52
Imagen 5.2.....	53
Imagen 5.3.....	53
Imagen 5.4.....	54
Imagen 5.5.....	54
Imagen 5.6.....	55
Imagen 5.7.....	55
Imagen 5.8.....	56
Imagen 5.9.....	56
Imagen 5.10.....	56
Imagen 5.11.....	57



Imagen 5.12.....	57
Imagen 5.13.....	58
Imagen 5.14.....	58
Imagen 5.15.....	59
Imagen 5.16.....	59
Imagen 5.17.....	60
Imagen 5.18.....	61
Imagen 5.19.....	62
Imagen 5.20.....	63
Imagen 5.21.....	63
Imagen 5.22.....	64
Imagen 5.23.....	65
Imagen 5.24.....	66
Imagen 5.25.....	67
Imagen 5.26.....	68
Imagen 5.27.....	69
Imagen 5.28.....	69
Imagen 5.29.....	70
Imagen 5.30.....	71
Imagen A.1.....	80
Imagen A.2.....	81

Imagen A.3.....82

## **Índice de Gráficas**

Gráfica 1.....22

Gráfica 2.....74

## Índice de Tablas

Tabla 3.1.....	21
Tabla 4.1.....	41
Tabla 4.2.....	45
Tabla 5.1.....	52

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Al pasar del tiempo, las empresas han tenido que aprender a detectar y atacar las diferentes pérdidas que provocan la disminución de su eficiencia y que pueden llegar a afectar el servicio o el producto que les dan a sus clientes. Por tanto, es importante identificar y cuantificar dichas pérdidas para su posterior ataque.

Actualmente la empresa no cuenta con una metodología adecuada del SMED, por lo que representa pérdidas económicas, humanas y tiempo, ya que el proceso actual de cambios de molde no es el adecuado y esto conlleva a que nuestros tiempos ciclo en cada uno de los cambios de molde sean elevados. La empresa genera componentes plásticos de un sistema HVAC los realiza a través del proceso de inyección de plásticos mediante su materia prima la cual es polipropileno con carga de talco esto hace que la pieza plástica tenga la propiedad de retardante a la flama, resistencia al impacto, así como resistencia a los cambios térmicos que pueda sufrir nuestro componente plástico.

El aplicar herramientas como SMED contribuyen a la disminución de tiempos de cambio de herramental y a su vez aumenta el tiempo disponible en las líneas para producir más cantidad y variedad de productos, por lo tanto la flexibilidad que la empresa puede llegar a alcanzar hace que la aplicación de dicha herramienta sea primordial en sus líneas.

El cambio de formato es un evento del día a día que resulta imposible eliminar, pero existen la posibilidad de disminuir el tiempo requerido para cada uno de los cambios. El beneficio de aplicar herramientas como SMED en las líneas radica en la cantidad de tiempo disponible que puede llegarse a tener para producir y generar más y mejores productos de calidad, por consiguiente aumentar la eficiencia de la planta y la posibilidad de seguir creciendo como una empresa de clase mundial.

En el departamento de inyección de plásticos de la empresa cuenta con 4 equipos de trabajo los cuales son los encargados de cambios de molde, a este personal se le conoce como personal de SMED, aunque en la actualidad este personal no conoce realmente como debe llevarse a cabo una metodología SMED ya que no

cuentan con los conocimientos suficientes sobre el proceso de cambios de molde, este personal no cuenta con una correcta capacitación, estos equipos de trabajo cuentan con 4 operadores en cada uno de los equipos de trabajo. El personal no conoce el adecuado tiempo de cambios de molde, ya que ellos toman el tiempo desde que empiezan a hacer el cambio de molde y el tiempo correcto es de la última pieza buena del lote anterior hasta la primera pieza del nuevo lote.

Al personal de cambios de molde se les explica cada una de las variables que intervienen en el proceso de inyección de plásticos para que conozcan y puedan dar solución a los problemas que se les pueda presentar en el cambio de molde ya que en ocasiones el cambio de molde presenta problemas con las piezas inyectadas, algunos de los problemas que podemos encontrar en el cambio de molde son:

- Piezas incompletas
- Piezas con “flash” rebaba
- Piezas con puntos negros
- Líneas de unión
- Entre otras

El proceso de inyección es un proceso en el cual se deben de cuidar las temperaturas de inyección, las presiones, las velocidades y las distancias con las que se inyectará nuestra materia prima ya que si no se ajustan correctamente se corre el riesgo de dañar tanto el equipo, como a la máquina de inyección o al molde. En esta empresa se utilizan principalmente moldes de colada caliente para mejorar el proceso de inyección y así evitar el desperdicio de materia prima.

Es una empresa de reciente creación por lo que su demanda es muy baja, los planes de capacitación apenas se están orientando a las características y perfiles de los diferentes puestos de trabajo. Apenas se está desarrollándose la integración del personal a la cultura de la organización. Se están definiendo e implementando los planes de capacitación que tienen por objeto la certificación del personal en las competencias técnicas necesarias para su aplicación en la administración y desarrollo técnico de sus funciones.

## 1.1 Planteamiento del problema

En la empresa se requiere reducir el tiempo de cambio de modelo de un herramental a otro, hay que tomar en cuenta que el desarrollo del cambio de modelo puede aplicar en un cambio de molde por otro molde y en un cambio de un juego de insertos por otro juego de insertos de un mismo molde. Para lo anterior se observa de inicio que hay varios puntos que se irán revisando y que complementan la problemática en cuestión como son:

- La herramienta no es la adecuada para realizar dichos cambios.
- Los moldes que son montados en las máquinas de inyección se encuentran totalmente fríos por lo que al momento de tener listo el cambio de molde se tiene que esperar al operador a que las zonas del molde se calienten y así poder arrancar la máquina.
- La mesa para realizar el cambio no está diseñada para todos los moldes que pueden montarse en las máquinas de inyección, por lo que se tiene que ocupar la grúa viajera para evitar que alguno de los moldes pueda caerse.
- No se tiene un plan de control de cambios eficiente.
- Los operadores de SMED no cuentan con la herramienta adecuada para realizar el cambio de molde.

## 1.2 Antecedentes

En el mundo actual de la industria se han dado muchas evoluciones dentro de la línea de producción, le debemos la producción en serie al Sr. Henry Ford el cual fue uno de los principales impulsores en la industria automotriz. Aunque en la industria tuvieron que hacer demasiados estudios e investigaciones para poder desarrollar las filosofías o metodologías que actualmente se utilizan, una de las principales herramientas que fueron descubiertas se las debemos a Shingee Shingo el cual es considerado como padre del SMED (Single Minute Exchange of Die), el cual fue un revolucionario en la industria ya que esta metodología cuando es aplicada puede ser utilizada en cualquiera de las industrias que conocemos actualmente y cuando es bien aplicada un cambio puede llegar a ser hasta en 10 minutos aunque necesitan tener muy desarrollada esta metodología.

En nuestros tiempos existieron grandes impulsores en la industria para mejorar día a día la línea de producción y nunca antes se había dado una gran revolución de ideas las cuales hicieron posible cada una de las evoluciones que han existido a lo largo de las décadas. Actualmente se pretende realizar grandes avances a nivel mundial llevando a cabo cada una de las filosofías creadas anteriormente, en esta tesina hablaremos especialmente sobre el SMED el cual ayuda a nuestra línea de producción a hacer un cambio radical y con ello podemos visualizar cada uno de nuestros productos y observar cuál de ellos nos hace falta por producir.

Otra metodología muy conocida es 5S's las cuales serán de gran ayuda para mantener limpia y crear una cultura organizacional en nuestra empresa y así hacer conciencia en cada uno de nuestros empleados, los cuales deben tomar en cuenta que la máquina y todo su entorno les pertenecen.

“El Sr. Shingo desea que entendamos porque fabricamos como lo hacemos -- de manera que podamos entender cómo debemos cambiar.” (Shingo, 2003, p. 3).

Así como menciono Shingo debemos entender nuestro proceso para poder entender lo que estamos fabricando y como queremos elaborarlo, es necesario conocer diferentes metodologías para poder facilitar el trabajo dentro de una línea

de producción, la parte fundamental de la empresa siempre será el potencial humano como lo mencionan en la siguiente frase:

“En la Dirección de Personas está la clave de todo porque hay un hecho evidente, todas las técnicas de gestión o métodos de mejora sólo triunfan si las personas los hacen viables.” (Alcala, 2009, p. 32).

La empresa debe entender a los empleados por que en base a ellos se lograran grandes éxitos durante su ciclo de vida, y si la empresa quiere ser ejemplo a nivel mundial debe apoyar y arropar a sus empleados los cuales siempre necesitaran de capacitaciones, incentivos y talleres para crear una armonía en el equipo de trabajo. Una vez teniendo armonía en los equipos de trabajo se pueden empezar a trabajar en metodologías en la línea de producción, es recomendable siempre hacer proyectos de mejora continua sean mayores o menores, un cambio será suficiente para el progreso industrial, ligado esto se debe de trabajar en base a 5S's las cuales son utilizadas en la actualidad por grandes empresas a nivel mundial y las cuales han tenido gran éxito en cada uno de sus sectores productivos.

“Una compañía que no pueda implementar las 5S's con éxito, no podrá integrar efectivamente el JIT, la reingeniería, ni otros cambios en gran escala, las 5S's promueven eficiencia, buen funcionamiento y mejora continua.” (Hirano, 2005, p. 91).

A través de las 5S's podemos lograr una línea productiva competitiva así como una cultura a los empleados para mantener sus estaciones de trabajo en orden y limpias, también para que trabajen a través de un estándar ya establecido y con ello siempre trabajar con el Just In Time, y con ayuda del SMED se puede optimizar la línea de producción, un gran ejemplo de ello fue Toyota la cual empezó a trabajar bajo estas metodologías y en la actualidad es una empresa de primer mundo, la cual es una referencia para algunas otras empresas que quieren seguir sus pasos y tomar cada uno de sus experiencias vividas.

“Se había dado inicio a la implantación del SMED, superando de tal forma uno de los mayores obstáculos que en aquel momento tenía Toyota para implantar la

producción “justo a tiempo”, sistema que se haría famoso en el mundo entero como Sistema de Producción Toyota (TPS).” (Liker, 2006, p, 128).

En su momento el Sr. Ohno fue el revolucionario en Toyota el cual implemento grandes sistemas de trabajo los cuales se llevan a cabo en nuestros días y los cuales son de gran ayuda para cada una de las empresas que quieren mejorar cada uno de sus procesos, ayudo con la implementación de poka yokes para que la máquina trabajara bajo automatización y si tenía un problema se detuviera la producción para evitar el desperdicio tanto en tiempo como en producción.

“La diferenciación lleva a un desempeño superior si el precio superior logrado excede a cualquier costo agregado por ser único.” (PORTER, 2004, p. 68).

Es evidente que la empresa debe proponerse trabajar arduamente para así lograr superarse en cada uno de los aspectos que quiera mejorar y superar, nunca es tarde para decidirse a cambiar y cuando se quiere se puede, el éxito nos ayuda a tener una excelente reputación y a tener más y mejores clientes.

“El éxito de ese programa es el involucramiento de los empleados, que el empleado se sienta parte como la administración de la definición y solución de problemas de productividad, coordinación, y calidad.” (Thompson, 1994, p. 33).

Dentro de la empresa debe de existir el sentimiento de pertenencia para que cada uno de los empleados sienta que lo que se está produciendo se elabora con calidad y que si existe algún reclamo del cliente no es solo problema de la empresa, sino de cada uno de los empleados de la empresa, y creado una cultura de pertenencia podemos asegurar que la empresa vivirá en constante evolución, además debemos considerar lo que menciona el Sr. Monden (2005):

“Sólo basta considerar que si en una fábrica se reducen a un mínimo todas las operaciones vinculadas a los cambios de herramientas y tiempos de preparación (tiempos de reutilaje), normalmente pueden reducir los costes de fabricación en un 20% o más.” (p. 54).

Cuando se tiene una metodología dentro de una empresa y es bien aplicada podemos decir que se están haciendo bien las cosas y que con ello tendremos

reducción de costos en nuestros productos, también se debe de crear una estructura con cimientos fuertes para poder asegurar la calidad y las entregas al cliente. Desde ya muchos años atrás podemos observar que se ha vivido con mejoras:

“Pueden lograrse reducciones adicionales mediante modificaciones relativamente pequeñas en las máquinas, herramientas, útiles o producto.” (Suzaki, 2003, p. 29).

En la actualidad nunca es tarde para mejorar un proceso, las empresas están trabajando para hacer sus mejoras continuas mayores y menores, cual sea el resultado mientras se tenga una mejora servirá para revolucionar la línea productiva y aquí también se debe de trabajar en conjunto con el personal involucrado dentro de la empresa ya que toda idea es buena y si se hace en equipo de trabajo es aún mejor.

### 1.3 Justificación

El hecho de pertenecer ésta empresa al sector automotriz la obliga y compromete a buscar permanentemente iniciativas que permitan mejorar sus procesos, dichas iniciativas tienen que estar enfocadas a agregar valor a sus productos, tomando en consideración que el agregar valor involucra tomar en cuenta cualquier acción que ayude directamente en la reducción de: el costo, el tiempo, directos o indirectos de fabricación de los productos.

Dado lo anterior, se establece en la empresa como una línea de trabajo fundamental el aplicar la metodología del SMED en sus líneas de producción, principalmente aplicado en los cambios necesarios para sus máquinas de inyección de componentes de plástico de un sistema HVAC.

Actualmente la empresa ya ha realizado la implementación del SMED pero pretende, en su mejora continua, asegurar una reducción mayor en su tiempo de cambio de modelo.

Los puntos fundamentales que en la empresa se han detectado como puntos a mejorar son:

- Contar con la herramienta adecuada para los cambios de molde.
- Capacitación requerida por el personal involucrado en los cambios de molde.
- Equipo periférico y puesta a punto, incluyendo mesa de trabajo.
- Evaluación del proceso de cambio de molde aplicando el SMED.

La mejora en la reducción del tiempo de cambio de modelo repercute directamente en una mejor utilización de los equipos e incremento de la producción, por lo que se repercute en una reducción de los costos de fabricación, lo cual justifica plenamente cualquier acción al respecto.

## **Objetivo general**

Obtener una reducción del 20% mínimo del tiempo de cambio de modelo en un molde de inyección de un componente de un sistema HVAC aplicando la metodología SMED.

## **Objetivo particular**

- ▶ Comprender los puntos relevantes a considerar para la aplicación del SMED.
- ▶ Analizar la estructura que conforma el tiempo ciclo actual de cada cambio de molde de los componentes del HVAC.
- ▶ Aplicar la metodología del SMED a cada cambio de molde.
- ▶ Reducir el tiempo ciclo en cada uno de los cambios de molde.
- ▶ Reducir y eliminar pasos del proceso que no agregan valor.
- ▶ Capacitar al personal en el nuevo proceso de cambios de molde.
- ▶ Evaluar el resultado de los nuevos tiempos ciclo en el cambio de molde que se inyectan en la máquina de inyección.

## Metodología

En esta tesina se realizó un estudio detallado sobre el manejo del SMED dentro de la empresa que fabrica componentes para un sistema de aire acondicionado automotriz.

Para la elaboración de la tesina seguimos los siguientes puntos para aplicar la filosofía SMED:

1. Primero es observar el proceso e identificar el problema de nuestra línea de producción.
2. Elaborar una lista de las actividades que interactúan en el cambio de modelo en la máquina de inyección.
3. Analizar y mejorar cada una de las actividades.
4. Implantar las mejoras.
5. Elaborar documento de paso a paso del cambio de molde.
6. Explicar los pasos a cada uno de los implicados en los cambios de modelo.
7. Realizar el estudio del nuevo estándar de trabajo aplicado.

Dentro de este estudio se hizo uso de distintas herramientas las cuales son:

- Ishikawa
- Pareto
- PDCA

## Alcance

Éste trabajo va dirigido a una empresa de inyección de plásticos que actualmente cuenta con tiempos ciclo en cambios de molde de 25 a 35 minutos, se pretende reducir el tiempo en cada uno de los tiempos ciclo a través de mejorar el proceso mediante la metodología SMED, con ello se mejoró el proceso mediante:

- Restructuración de la metodología SMED en los cambios de molde en una máquina de inyección de 420 toneladas.
- Manejo de 6 moldes de colada caliente de componentes plásticos de un sistema HVAC.

Éste trabajo es muy relevante por el hecho de que la empresa proporcionó el equipo de trabajo, la máquina y todos los herramientas necesarios para llevar a cabo el cambio de molde. Se realizó en una máquina de inyección dentro de la empresa mediante un proyecto de mejora continua, después del estudio de tiempos en los cambios de molde la empresa podrá seguir con cada una de las máquinas que se tenga en la línea de producción y tener mejor eficiencia en los tiempos de cambio de herramental en las máquinas inyectoras y así incrementar la productividad de las máquinas reduciendo los tiempos muertos, tomando en cuenta las lecciones aprendidas del desarrollo de éste trabajo.

## Limitaciones

Para la realización del presente trabajo se tienen las siguientes limitantes:

- Falta de capacitación del personal
- Falta de herramienta adecuada para efectuar los cambios de modelo
- Desorden en la línea de producción
- No se siguen estándares establecidos
- Incorrecto manejo del reloj de SMED
- Retrabajos
- Periféricos mal utilizados
- Incorrecta visualización en la planeación de cambios de molde

## Capitulación

### I. Introducción

Generación de los objetivos generales, específicos, limitaciones y alcances que tendrá la tesina, se habla acerca de los antecedentes de la metodología SMED.

### II. Marco teórico

En la presente tesina se explica la metodología SMED, su historia, sus creadores y como ha sido seguida a través de las empresas en diferentes sectores industriales ya sea automotriz, alimenticia, farmacéutica, entre otras.

### III. Diagnóstico del estado actual de la empresa

Se genera un estudio detallado de la empresa para conocer cuáles son las fortalezas y debilidades, como se encuentra actualmente la empresa y así dar una posible propuesta para reducir los tiempos ciclo en cambios de moldes.

### IV. Aplicación de la metodología SMED

Se aplica la metodología SMED en el área de inyección de plásticos de una empresa para reducir los tiempos ciclo de cambio de molde en una máquina de inyección donde se elaboran componentes de un sistema de HVAC.

### V. Análisis de resultados

Se analizan los resultados obtenidos de nuestra aplicación de la metodología SMED en el proceso de cambios de molde en una máquina de inyección, mediante un estudio detallado en los tiempos ciclo que tengamos en el cambio de molde que es montado en una máquina de inyección.

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

La presente tesina toca el tema de aplicación de metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en una empresa de inyección de plásticos la cual se dedica a la inyección de componentes de un sistema de HVAC, toca los problemas que se presentan en una empresa de inyección de plásticos por lo que se ha realizado un análisis detallado para revisar cómo se encuentra actualmente y elaborar un programa de trabajo. Se realizó un estudio del cambio de molde en el área de inyección, donde se hizo un estudio de toma de tiempos en una máquina de inyección de 420 toneladas, se trabajaba con un tiempo promedio en el cambio de molde de 30 minutos.

La empresa de inyección de plásticos produce piezas de partes automotrices, maneja materia prima como el polipropileno con carga de talco, la cual es utilizada para que las piezas sean resistentes al impacto y tengan retardante a la flama. La empresa cuenta con su línea de producción de plásticos donde manejan máquinas de inyección de 420 toneladas y estas son de monoinyección.

En el área se cuenta con la metodología SMED (single exchange minute of die) la cual es una filosofía de Shingeo Shingo y con la cual se hace el análisis detallado para eliminar pasos en los cambios de molde y así optimizar los tiempos, en el área se encuentran periféricos los cuales ayudan en los cambios de molde aunque actualmente no se encuentran funcionando y esto hace que los tiempos sean elevados. Algunos de los periféricos que se encuentran en el área de producción son:

- Grúa viajera
- Pirómetro
- Mesa de cambio
- Sistema de vacío
- Brazo articulado
- Flujómetros
- Banda transportadora

- Sistema de magnetización

Los operadores que se encuentran laborando en el área de inyección no han recibido capacitaciones adecuadas sobre periféricos y sobre sus funciones que deben de realizar en su área de trabajo, por lo que se pretende realizar un programa de capacitación para darles la información adecuada y así se puedan desarrollar perfectamente las funciones que deben de seguir dentro de su área. También se hará el análisis para revisar si cuentan con la herramienta adecuada para cada cambio de molde, el programa que se realizará de capacitación constará de los siguientes puntos:

- Periféricos
- Grúas viajeras
- Sistema de colada caliente
- Proceso de inyección
- Materiales plásticos
- PDCA ( por sus siglas en ingles Plan, Do, Check, Act, Planear, Hacer, Checar, Sostener)
- Detección y solución de fallas
- Parámetros de inyección
- Seguro de molde

Se analiza el formato actual de cambios de molde, para revisar que sea un formato sencillo de comprender por cualquier persona y así asegurar su correcto llenado, se entrevista a cada uno de los operadores de SMED para conocer las necesidades que tienen en el área de inyección y tomar la decisión para ver si es necesario realizar una inversión.

La metodología SMED se revisa para conocer el procedimiento actual del cambio de molde en la empresa, al realizar el análisis se identifica el problema potencial por el cual no se está llevando a cabo el adecuado procedimiento del cambio de molde, la metodología que se llevara a cabo en éste trabajo será la siguiente:

1. OBSERVAR y comprender el proceso de cambio de lote: El proceso de cambio de lote ocurre desde la última pieza correcta del lote anterior, hasta la primera pieza correcta del lote siguiente.

2. IDENTIFICAR y SEPARAR las operaciones internas y externas

3. CONVERTIR las operaciones internas en externas: En esta fase las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio.

4. REFINAR todos los aspectos de la preparación: En este punto se busca la optimización de todas las operaciones, tanto internas como externas, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos empleados.

5. ESTANDARIZAR el nuevo procedimiento: La última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo.

Shingo es conocido por la técnica SMED que se desarrollará con detalle en este trabajo, pero también por ser una eminencia en el mundo de la calidad. Sentó las bases del Zero Quality Control que propugna la eliminación de la no-calidad en el origen y relacionado con ello, inventó la utilización de los poka-yokes, que son mecanismos que hacen imposible la generación de errores en los procesos productivos.

"El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED" Shingeo Shingo.

Solo se pretende elaborar lo necesario con lo mínimo de recursos naturales para evitar caer en los 7 desperdicios, así encontraremos una producción en serie flexible y capaz de resistir a los diferentes requerimientos que se vayan

adquiriendo para entregas a cliente, siempre y cuando respetando la calidad del producto.

Esta metodología es una rama de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing), la cual ayuda a hacer nuestra producción más eficiente y a detectar fácilmente los problemas que se encuentren en la línea de producción, con esta metodología SMED los operadores de máquina de inyección así como a los operadores de SMED harán conciencia de cómo se deben realizar los cambios de molde.

Dentro del área de producción podemos encontrar diferentes marcas de máquinas de inyección donde se han realizado estudios para determinar la máquina en la cual se aplicará la metodología SMED, y dando como resultado que la máquina elegida en la empresa fue una máquina de inyección de 420 toneladas en la cual los tiempos ciclo de cambios de molde se encuentran entre los 30 y 35 minutos en cada uno de los moldes que son colocados dentro de la máquina. Se hace referencia del uso de la máquina de inyección y como se tiene que realizar un cambio de molde adecuado, a través de una lista detallada de los puntos importantes del cambio de molde y verificando que el arranque de la producción quede correctamente para así asegurar la calidad de los productos y cuidando a los equipos, como son los moldes, las máquinas y los equipos periféricos.

La metodología SMED es muy utilizada dentro de la industria actualmente ya que con ella se pretende tener un proceso eficiente dentro de la empresa, la metodología es una herramienta esencial para la reducción de tiempos en los cambios de herramental en la línea de producción y así tener el menor tiempo en el cambio para tener una producción en serie y con calidad total para la satisfacción de los clientes y usuarios finales, con esta metodología podemos encontrarnos con un valor agregado a nuestro producto elaborado, ya que lo que se pretende tener con esta aplicación de SMED es producir más con menos, producir más piezas de calidad y observando siempre las oportunidades que se presenten dentro de nuestra línea de producción con menores recursos y tiempo, y al manejarse el SMED con el KANBAN podemos encontrar una mayor eficiencia ya que tienes una producción continua y tienes controlado tus inventarios.

$$\text{valor agregado} = \frac{\text{total producido}}{\text{costos} + \text{tiempo}}$$

Donde el valor agregado será nuestro plus que se le dará al producto con menores costos y produciendo más producto con menos materia prima con ello elevamos todos nuestros productos a los clientes que les brindamos nuestros servicios, en nuestra línea de producción pretendemos llegar a la filosofía de cero defectos para ello debemos de tener una buena metodología SMED y que el personal que la lleve a cabo conozca cada uno de sus puntos y sepa interpretarlos, con ello el personal podrá ser capaz de capacitar a nuevos integrantes así como se le conocerá al personal como polivalente ya que conocerá de diversas máquinas y moldes.

Al pasar del tiempo, las empresas han tenido que aprender a detectar y atacar las diferentes pérdidas que provocan la disminución de su eficiencia y que pueden llegar a afectar el servicio o el producto que les dan a sus clientes. Por tanto, es importante identificar y cuantificar dichas pérdidas para su posterior ataque. La empresa preocupada por la satisfacción de la demanda del cliente, constantemente busca formas de cubrir con lo que su mercado requiere, situación que genera un persistente cambio dentro de sus líneas de producción para lograr alcanzar la flexibilidad que una gran empresa exige.

La empresa identificó que si se quiere ser un organismo flexible y capaz de cumplir los requerimientos del cliente, debe atacar de una manera constante la pérdida detectada como la más grande de todas las líneas, el cambio de formato. Esta compañía toma la disminución de dicha pérdida como un reto más a superar para mantenerse entre una de las mejores empresas en su ramo valiéndose de las herramientas y metodologías que TPM contempla dentro de su disciplina, asegurando así el aumento de la rentabilidad y productividad del negocio.

El aplicar herramientas como SMED contribuyen a la disminución de tiempos de cambio de herramental y a su vez aumenta el tiempo disponible en las líneas para producir más cantidad y variedad de productos, por lo tanto la flexibilidad que la

empresa puede llegar a alcanzar hace que la aplicación de dicha herramienta sea primordial en sus líneas.

El cambio de formato es un evento del día a día que resulta imposible eliminar, pero existen la posibilidad de disminuir el tiempo requerido para cada uno de los cambios. El beneficio de aplicar herramientas como SMED en las líneas radica en la cantidad de tiempo disponible que puede llegarse a tener para producir y generar más y mejor productos de calidad, por consiguiente aumentar la eficiencia de la planta y la posibilidad de seguir creciendo como una empresa de clase mundial.

## CAPITULO III DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA

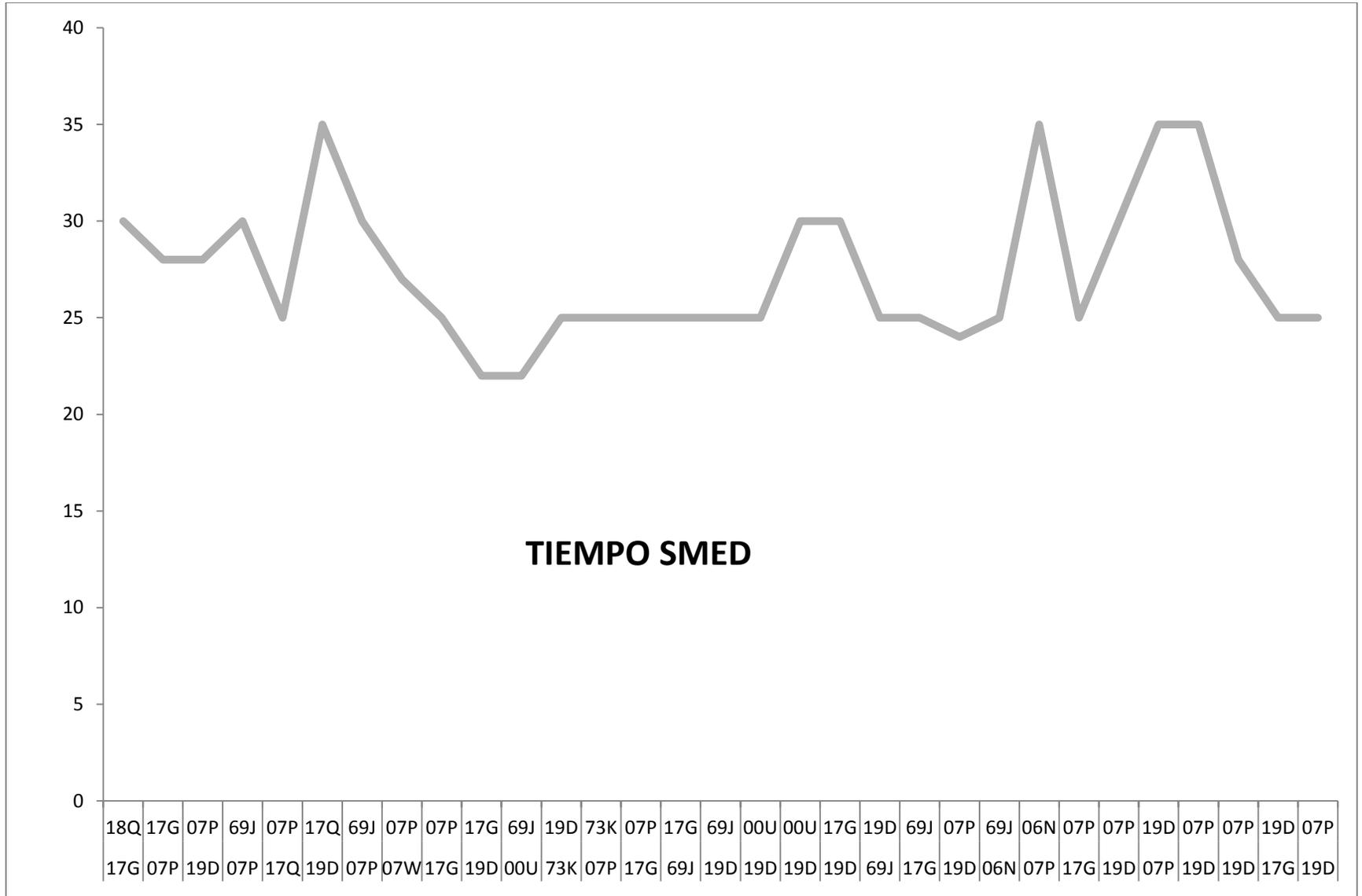
En la empresa actualmente se maneja la metodología SMED para realizar los cambios de molde en las máquinas de inyección, aunque no se ha puesto en marcha adecuadamente ya que los operadores de cambios de molde no conocen realmente cual es la filosofía de esta metodología, por lo que nos lleva a tener pérdidas tanto económicas como en tiempo, los operadores SMED realizan cambios de molde aproximadamente tardan de 30 a 35 minutos para realizar dichos cambios en la máquina de inyección dado que no tienen la capacitación suficiente sobre dicha metodología y la herramienta que debe ser utilizada en la línea de producción, a continuación se muestra una tabla donde se ven los tiempos de cambios de molde donde se podrán observar los distintos moldes o productos que se fabrican en esta máquina:

### CAMBIOS DE MOLDE MÁQUINA 8

MAQUINA 8			MAQUINA 8			MAQUINA 8		
ENTRA	SAL E	TIEMPO SMED (minutos)	ENTRA	SAL E	TIEMPO SMED (minutos)	ENTRA	SAL E	TIEMPO SMED (minutos)
17G	18Q	30	37F	19D	27	19D	37F	25
07P	17G	28	69J	37F	25	17G	19D	35
19D	07P	28	17G	69J	32	07P	17G	30
69J	19D	32	19D	17G	30	19D	07P	25
07P	69J	30	17G	19D	31	07P	19D	25
17Q	07P	25	00U	17G	27	17G	07P	25
19D	17Q	35	19D	00U	28	07P	17G	27
07P	19D	30	69J	19D	25	73K	07P	30
07W	07P	27	17G	69J	25	69J	73K	30

17G	07W	25	00U	17G	33	07P	69J	34
73K	17G	25	17G	00U	25	17G	07P	27
07P	73K	25	07P	17G	25	69J	17G	30
17G	07P	25	07W	07P	38	19D	69J	27
69J	17G	25	06N	07W	35	73K	19D	29
19D	69J	25	17G	06N	25	00U	73K	29
00U	19D	25	19D	17G	34	19D	00U	30
19D	00U	30	73K	19D	30	07P	19D	35
17G	19D	30	69J	73K	30	17G	07P	23
69J	17G	25	17G	69J	30	19D	17G	25
17G	69J	25	69J	17G	31	07P	19D	25
69J	17G	24	07P	69J	25	17G	07P	25
06N	69J	25	69J	07P	32	69J	17G	25
07P	06N	35	69J	07P	30	17G	69J	25
17G	07P	25	07W	69J	32	00U	17G	25
19D	17G	30	19D	07W	30	19D	00U	35
07P	19D	35	00U	19D	25	07P	19D	25
19D	07P	35	69J	00U	25	00U	07P	35
07P	19D	28	37F	69J	27	17G	00U	25
17G	07P	25	19D	37F	25	06N	17G	35
19D	17G	25	37F	19D	24	17G	06N	35
							Promedio	27.8

Tabla 3.1



Gráfica 1 tiempos de cambio de modelo antes de la mejora.

Estos tiempos fueron tomados durante todo un mes para checar cuanto tiempo es que se tardaban en realizar dichos cambios de moldes, dando como resultado un promedio de 27.8 minutos en realizar los cambios de molde, tomando en cuenta tiempos que van desde los 25 minutos hasta tiempos cercanos a 40 minutos, en esta máquina de inyección se trabajan 6 tipos de moldes para diferentes clientes, la máquina de inyección es de una capacidad de 420 toneladas de inyección convencional, los moldes que son montados dentro de la máquina son:



Imagen 3.1 (auditoria propia)

Se cuenta con moldes que tienen insertos los cuales se cambian de acuerdo al requerimiento del cliente que tengamos en la orden de compra:

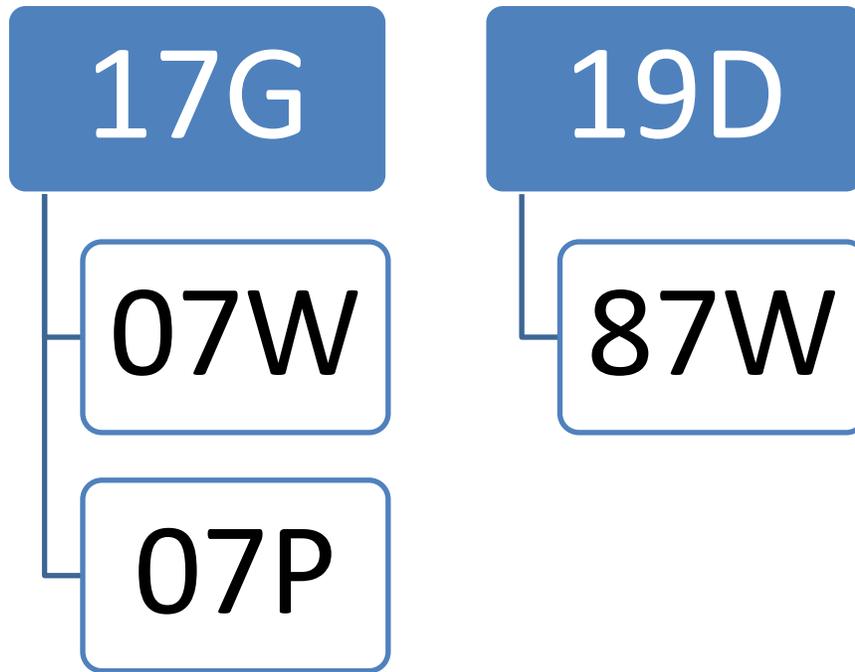


Imagen 3.2 (auditoria propia)

Estos son los moldes que son trabajados en esta máquina de inyección, en estos moldes son fabricados componentes de un sistema HVAC (sistema de aire acondicionado) automotriz el cual es fabricado y armado en la misma planta de inyección en el área de ensamble en cada una de las líneas que se tienen en esta empresa, los componentes que son fabricados en la máquina son compuertas utilizadas en el sistema y las cuales trabajan con un sistema electrónico para satisfacción del cliente y así tener automatización en dichos sistemas, también se realizan paredes las cuales son las divisiones del HVAC y las cuales son las salidas que tendrá nuestro sistema.

Actualmente la empresa cuenta con mesas de cambio en sus máquinas de inyección para facilitar el cambio de molde aunque en la máquina de 420 toneladas no sirve la mesa de cambio, no realiza correctamente el traslado de estación A ha estación B, cada que existe un cambio de molde se deben de

esperar los operadores a que las temperaturas del molde suban a la temperatura óptima ya que si no se hace de esa forma no se puede inyectar el plástico y pueden llegar a empastar el molde si es que se realiza una inyección incorrecta, en esta empresa se cuenta con robot para la toma de piezas y en cuestión de los manipuladores se tienen lejos del área de trabajo por lo que el operador de cambios de molde tiene que ir por él y llevarlo hasta la máquina a la cual va a ser ocupado, no se cuenta con la programación correcta del robot ya que si se realiza un cambio de molde el punto origen lo tiene en la parte superior por lo cual no es posible el cambio de manipulador.

No se cuenta con la herramienta adecuada y si es que se cuenta con dicha herramienta se encuentra muy deteriorada por lo que no se puede realizar un trabajo correcto al tener así dicha herramienta, el personal que realiza el cambio de molde no cuenta con una capacitación correcta tanto de lo que es metodología SMED, de que es un plástico, de donde proviene y para qué sirve.

La empresa actualmente cuenta mudas por los elevados tiempos en los cambios de molde esto conlleva a tener una producción deficiente y no correcta ya que si se tardan en realizar el cambio de molde nos puede implicar en fallas de máquina, del robot, o algún otro equipo periférico, otro gran problema que se cuenta en la empresa es que no todos los moldes se encuentran estandarizados a la máquina de inyección específicamente al sistema de expulsión, ya que en algunos casos tiene que ser cambiada la flecha de expulsión, en la máquina de 420 toneladas se cuenta con 2 tipos de flecha, las cuales son ancha y delgada se usa dependiendo del tipo de expulsión que se tenga que ocupar sin embargo en el taller de moldes se puede estandarizar y generar el mismo sistema de expulsión.

Otro gran inconveniente en la empresa es que surgen problemas por fugas de agua y de aceite al momento de realizar el cambio de molde, cuando se realiza el cambio de molde se tiene que ocupar la grúa viajera para poder ingresar el molde a la máquina ya que la mesa de cambio se encuentra descompuesta en las cadenas las cuales son las que impulsan cada uno de los moldes.

Los pasos que se tienen en el cambio de molde en la empresa para la máquina de inyección de 420 toneladas son los que se mencionan a continuación:

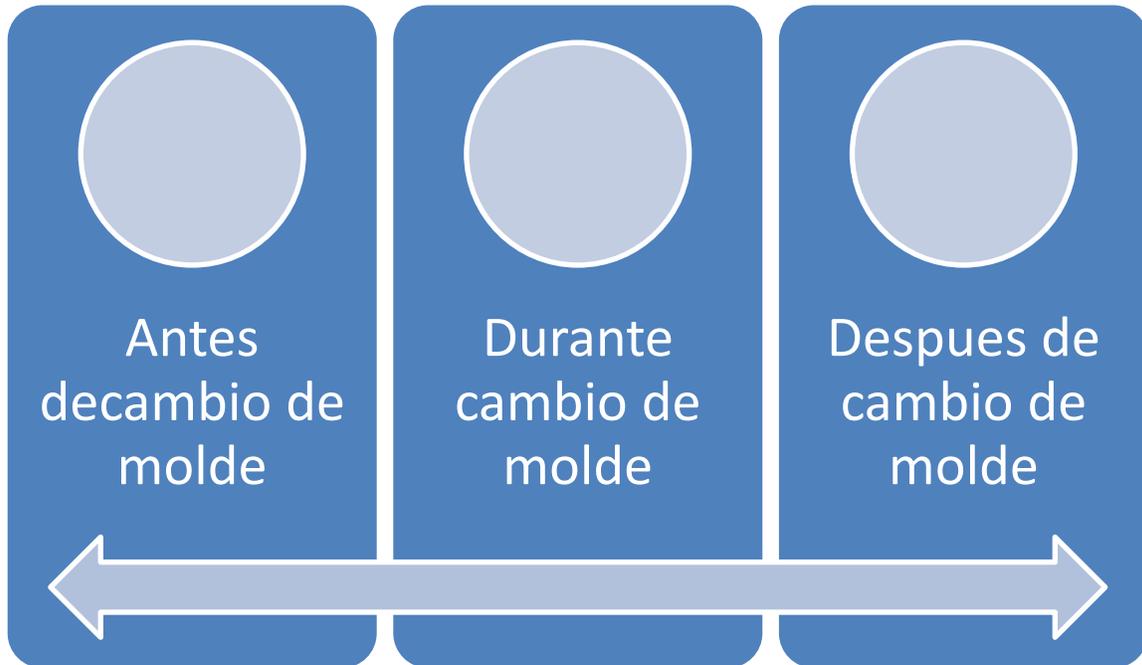


Imagen 3.3 (auditoria propia)

A continuación se enumeran los pasos del cambio de modelo para la máquina de inyección:

1. Se desbloquea la máquina
2. Se cambia el ciclo a semiautomático, y se espera a que el manipulador termine su ciclo
3. Se cambia el ciclo a modo ajuste
4. Se retiran unidades de inyección
5. Se sacan carros hidráulicos manualmente y se apagan los cores
6. Se prende expulsor se aumenta 1mm. En la carrera de expulsor, se realiza el movimiento de sacar el expulsor y alcanzar la carrera antes mencionada
7. Se retira tenedor de placa de botado

8. Te vas a la página de ajuste de la máquina, en el cuadro de opción se coloca manual
9. Se regresa el botador a -137mm atrás del punto "0", se apagan expulsores y se habilitan los cores, y se meten manualmente y se cierra molde
10. Se posiciona grúa y se engancha molde para retirarlo
11. Se desconecta el sistema de colada, refrigeración, aire, hidráulico y señales de cores
12. Se selecciona la platina magnética, se desmagnetiza lado fijo y lado móvil y se abre la prensa
13. Se baja molde y se carga el programa del molde a subir
14. Se sube molde se coloca en prensa
15. Se apagan cores para poder cerrar prensa hasta que levante fuerza de cierre
16. Se procede a magnetizar parte fija y parte móvil y se apagan las platinas magnéticas
17. Se procede a desenganchar el molde y se retira grúa
18. Se conecta sistema de colada, aire, hidráulico, refrigeración y señales de cores
19. Se posiciona en página de ajuste de la máquina para fijar a "0" el punto de cierre
20. Se procede abrir molde en modo ajuste y antes de llegar a su posición final se prenden las señales de cores y se termina de abrir molde a posición final con esto los cores se accionan
21. Se apagan los cores y se prenden expulsores
22. Se sacan los botadores después de punto "0" una vez salidos los botadores del molde se coloca el tenedor y se regresa placa de botadores, ya regresado el botador a posición atrás se selecciona página de ajuste de máquina y se fija punto "0" para expulsor y se apaga expulsor
23. Se activa core y se meten manualmente y se cierra molde
24. Se activa cores con molde cerrado, te posicionas en página de ajuste y en el cuadro de dialogo te posicionas en "des"

25. Se abre el molde, al abrir el molde debe de realizar los pasos:
- Abrir cores
  - Sacar expulsor
  - Cerrar cores
26. Cerrar molde
27. Se posiciona en página de unidad de inyección "A" se aumenta contrapresión al 200% para proceder a purgar material, al término de purgar se regresan los valores de contrapresión a los que indique nuestro programa
28. Te posicionas en la página de ajuste, se avanza unidad de inyección a tope con bebederos del molde, en dicha página se fijan en punto cero
- Carrera del expulsor
  - Punto de cierre
  - Fijar punto de unidades de inyección

Se selecciona en el cuadro de dialogo el "des"

29. Se procede a prender calefacción del molde
30. Se procede a cambio de manipulador
31. Mandar el manipulador a home
32. Se procede a abrir el molde en manual
33. Se aplica desmoldante a parte fija y parte móvil
34. Ya que este atemperado el molde se procede a poner en modo semiautomático y se cierra el molde
35. Después de realizar la inyección, antes de dosificar se enciende el manipulador y se manda a home y ya estando en su posición se selecciona el modo ciclo continuo
36. Se verifica que el robot tome las piezas correctamente
37. Si el robot sale con las piezas tomadas correctamente se procederá a dar modo automático a la máquina de inyección y presionar el botón de cerrar molde para tener ciclo

Otro factor que tiene la empresa es que la persona que esta de encargada de los técnicos de cambios de molde son los supervisores de cada uno de los turnos que actualmente son 4 equipos de trabajo, y no existe una comunicación adecuada entre ellos por lo que se tienen tiempos de cambio elevados por falta de planeación.

El desconocer la metodología SMED lleva a tener pérdidas económicas dentro de la empresa, a continuación se presentan los puntos críticos y los cuales podemos atacar directamente:

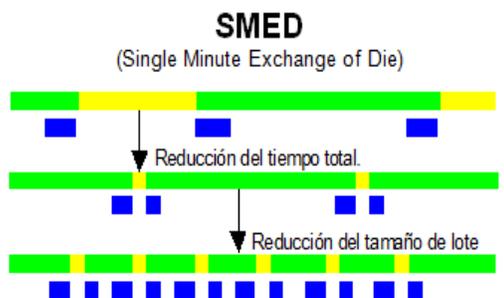
- Personal de cambios de molde sin capacitación
- Herramienta no adecuada
- Programación de robot de robot deficiente
- Mala programación del supervisor de producción
- Mesa de cambio sin funcionar
- Mala estandarización de nuestros moldes con la máquina
- Pirómetro descompuesto

En el área de inyección no se cuenta con una organización adecuada ya que se pueden observar desordenados los moldes, no se encuentran identificadas las zonas de los termorreguladores, la máquina de inyección, ni el área de trabajo del operador y el área donde se tienen destinados los manipuladores de los robots.

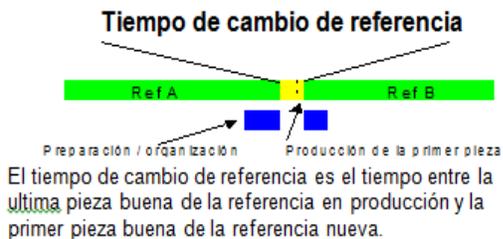
## CAPITULO IV APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED

La empresa identificó que sí se quiere ser un organismo flexible y capaz de cumplir los requerimientos del cliente, debe atender constantemente el cambio de formato. Esta compañía toma la disminución de dicho cambio como un reto más a superar para mantenerse entre una de las mejores empresas en su ramo valiéndose de las herramientas y metodologías que TPM contempla dentro de su disciplina, asegurando así el aumento de la rentabilidad y productividad del negocio.

El aplicar herramientas como SMED contribuyen a la disminución de tiempos de cambio de herramental y a su vez aumenta el tiempo disponible en las líneas para producir más cantidad y variedad de productos, por lo tanto la flexibilidad que la empresa puede llegar a alcanzar hace que la aplicación de dicha herramienta sea primordial en sus líneas.



0. Definir el objetivo.  
(reducción de stock o incrementar capacidad -TRS)
1. Listar todas las operaciones ligadas al cambio de referencia.
2. Analizar y mejorar las operaciones.
  - Eliminar
  - Reducir
  - Externalizar
3. Implantar las mejoras. 
4. Sincronizar las tareas de cada persona (diagrama).
5. Escribir el modo estándar de operación (paso a paso).
6. Aplicar el modo operatorio y seguir el tiempo de cambio de referencia.



### Objetivos

- Reducción de stock → reducción del tiempo de cambio más largo (de una familia a otra).
- Incremento de capacidad (TRS) → reducción de la suma total de los tiempos de cambio (por familia)

### Operaciones

- Almacenamiento.
- Preparación de herramientas
- Estandarización de herramientas de producción.
- Control y liberación.

### Seguimiento

- El tiempo de cambio entre la última pieza buena y la primer pieza buena (Internas).
- El tiempo de cambio entre la primera y la última operación (externas + internas).

Imagen 4.1 (auditoria propia)

Lo más importante para implementar la metodología SMED es que se debe de trabajar a través de la filosofía del PDCA (planear, hacer, checar, estandarizar), esto para hacer que nuestro proyecto sea factible y se pueda llegar a realizar siguiendo el orden que se coloque y saber que es lo que sea cumplido y cual es lo que aún falta por optimizar. El cambio de formato es un evento del día a día que resulta imposible eliminar, pero existe la posibilidad de disminuir el tiempo requerido para cada uno de los cambios. El beneficio de aplicar herramientas como SMED en las líneas radica en la cantidad de tiempo disponible de producción y generar mejores productos de calidad, por consiguiente aumentar la eficiencia de la planta y la posibilidad de seguir creciendo como una empresa de clase mundial.

El pilar de mejora continua tiene como objetivo detectar las áreas de oportunidad en las cuales se esté generando una pérdida, valiéndose de herramientas con un enfoque claro que permitan disminuir o eliminar definitivamente dicho problema en las diferentes áreas en que se generan. Una herramienta poderosa y útil que es utilizada para atacar la principal pérdida dentro de la empresa es la metodología SMED, la cual promueve la disminución del tiempo utilizado en el cambio de formato.

El sistema SMED es una teoría sobre un conjunto de técnicas que permiten realizar el cambio del formato de equipamientos en menos de 10 minutos, no todos los cambios de formato son posibles en menos de 10 minutos, sin embargo el SMED consigue reducciones dramáticas de tiempo en todos los casos.

La metodología SMED cuenta con una serie de pasos a cumplir para lograr el objetivo de disminuir el tiempo de cambio de formato, siguiendo paso a paso dicha metodología, es garantía de que se podrá lograr una disminución del tiempo actual.

Se realizó un plan de capacitación al personal SMED para que conocieran los diferentes temas que pueden llegar a preguntarles y ellos deben de conocer, el programa toca temas como los siguientes:

- Plásticos
- Máquina de inyección
- Tipos de coladas en moldes
- SMED
- Periféricos
- PDCA (planear, hacer, checar, estandarizar)
- Protección de moldes

En cada capacitación se explica detalladamente cada uno de los puntos, empezando con la capacitación de los plásticos donde se explica el origen, sus usos, cuales son los commodities, plásticos de ingeniería son utilizados dentro de la empresa, cargas y cual es su principal uso, se explico las propiedades físicas y químicas del polipropileno con carga de talco del 20%.

En la capacitación de la máquina de inyección se les detallo la máquina en cada una de sus partes, la máquina de inyección se divide en 3 principales zonas las cuales son:

- Zona de inyección
- Zona de cierre
- Zona de bancada o control

En la zona de inyección podemos encontrar desde la tolva hasta lo que es la boquilla o nariz del cañón, en la zona de cierre podemos observar el molde así como el tipo de cierre, en el tipo de cierre podemos encontrar:

- Rodillera
  - 3 puntos
  - 5 puntos
- Pistón central
- Barra retráctil
- Pancakes o tuercas

En la zona de bancada encontramos el control o pantalla, donde se opera la máquina de inyección, en este punto se explica cada una de las páginas que utilizaran para realizar el cambio de molde.

En la capacitación de tipos de colada se expusieron 3 tipos de colada las cuales son:

- Colada fría en este tipo de colada podemos encontrar excedente de material al término de la inyección siempre existen coladas y lo cual genera desperdicio de material y de tiempo ya que tarda más tiempo la inyección de nuestro plástico
- Colada semicaliente este tipo de colada es muy parecida a la caliente aunque aún podemos encontrar excedente de material es lo mínimo pero llegamos a encontrar coladas son de dimensiones pequeñas, este tipo de colada es más eficiente para la industria aunque aún podemos encontrar desperdicio de material
- Colada caliente en este tipo de colada es la más utilizada actualmente ya que es una inyección más continua sin excedente de material, lo que nos trae ahorros en nuestra materia prima, también tenemos una mayor producción y los puntos de inyección siempre tienen material caliente para facilitar la inyección de nuestro plástico

En la capacitación de periféricos se explica cuáles son ocupados dentro de la empresa y que función tiene cada uno de ellos, explicando brevemente el manejo adecuado, los periféricos que se analizaron en la capacitación son:

- Brazo articulado
- Termorregulador
- Frigel
- Secador
- Dosificador o cargador
- Mesa de cambio
- Grúa viajera

- Molino
- Banda transportadora

En la capacitación de protección de moldes se realiza un ejemplo en la máquina de inyección y se les explica la manera de ajustar la protección del molde, éste se ocupa principalmente para evitar daños en los herramentales y asegurar un cierre de molde seguro y así alcanzar la fuerza de cierre y poder tener una correcta inyección.

En una máquina de inyección encontramos una opción que permite proteger el molde para que no sufra daños, a esta opción se le conoce como protección de molde.

La protección de molde puede ser ajustada de una manera tan sensible que puede detectar una hoja de papel.

Las variables que componen una protección de molde son:

- Velocidad de cierre de máquina
- Presión de cierre de la máquina
- Distancia (depende del producto a elaborar)
- Tiempo de cierre
- Tiempo de vigilancia seguro de molde

Estas 4 variables son aplicadas a cada una de las máquinas de inyección no importa marca ni tipo de inyectora.

En la capacitación de PDCA se realizó una actividad en la cual se explicaba cada uno de los puntos que conlleva un PDCA, esta actividad fue creada para una mayor comprensión de nuestra filosofía, ya que para tener una buena metodología SMED tenemos que conocer el PDCA para poder identificar el problema que atacaremos e ir planeando el proyecto o taller que se llevara a cabo para dar solución a nuestro punto crítico.

En la capacitación de SMED se les explicó cómo es que deben de dar seguimiento a la metodología para crear una verdadera filosofía de esta metodología y así tener los resultados esperados.

La técnica SMED sigue los siguientes pasos:

1. OBSERVAR y comprender el proceso de cambio de lote: El proceso de cambio de lote ocurre desde la última pieza correcta del lote anterior, hasta la primera pieza correcta del lote siguiente.
2. IDENTIFICAR y SEPARAR las operaciones internas y externas
3. CONVERTIR las operaciones internas en externas: En esta fase las operaciones externas pasan a realizarse fuera del tiempo de cambio, reduciéndose el tiempo invertido en dicho cambio.
4. REFINAR todos los aspectos de la preparación: En este punto se busca la optimización de todas las operaciones, tanto internas como externas, con el objetivo de acortar al máximo los tiempos empleados.
5. ESTANDARIZAR el nuevo procedimiento: La última fase busca mantener en el tiempo la nueva metodología desarrollada. Para ello se genera documentación sobre el nuevo procedimiento de trabajo, que puede incluir documentos escritos, esquemas o nuevas grabaciones de vídeo.

En la empresa se observa el problema el cual se ataca y se elige la máquina de inyección de 420 toneladas la cual produce piezas de un sistema HVAC en esta máquina se producen 6 piezas diferentes los moldes tienen los siguientes números de parte:

- 00U
- 17G
- 69J
- 73K
- 37F

- 06N

Se realiza la identificación de actividades internas y externas, esta es la primera etapa y se considera una fase preliminar. En los ajustes tradicionales, los ajustes internos y externos están mezclados: lo que podría hacerse en externo se hace en ajustes internos.

Actividades Internas: Actividades que deben realizarse mientras la máquina está parada o en vacío.

- Quitar / poner herramental, ajuste de guías y rieles, etc.
- Cambiar / ajustar los mismos

Actividades Externas: Actividades que pueden realizarse mientras la máquina está trabajando.

- Traer materiales o herramientas
- Limpieza del área
- Elaborar reportes

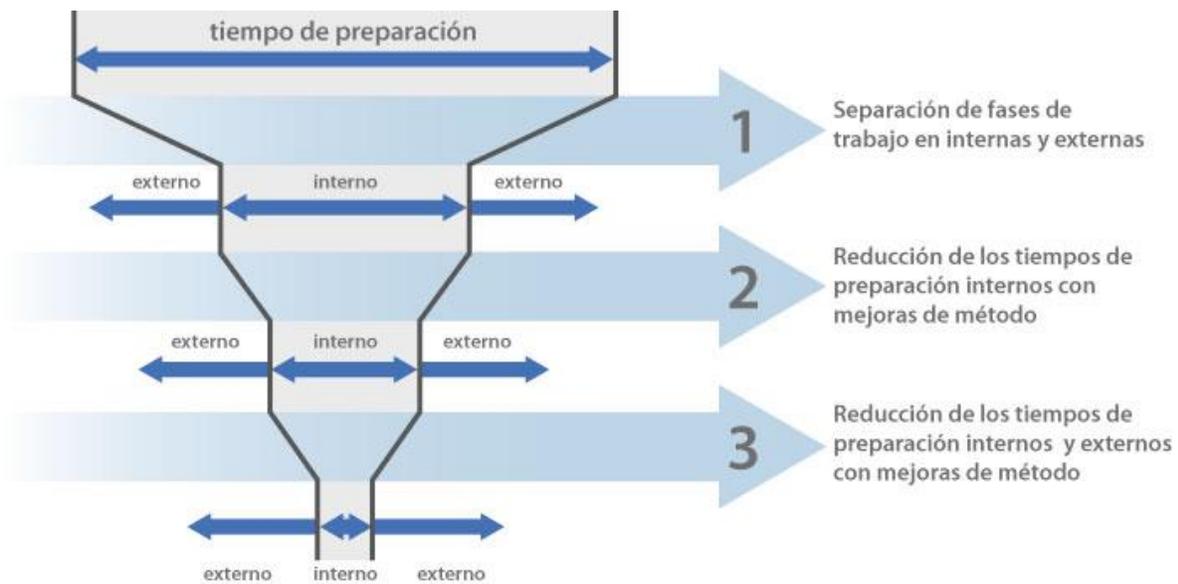


Imagen 4.2 (<http://simpleproductividad.es/blog/el-metodo-smed-gestion-produccion>, 17-oct-17)

Se tomó cada uno de los pasos que siguen al momento que se realiza el cambio de molde para identificar el procedimiento y tomar los tiempos que tardan en cada uno de los pasos:

<b>PASOS</b>	<b>Interno / Externo</b>	<b>Tiempo segundos</b>
Verificar en el pizarrón cambio a realizar	externo	<b>25</b>
Ir por herramienta a ocupar	externo	<b>150</b>
Checar ubicación de molde	externo	<b>25</b>
Trasladar grúa viajera a ubicación de molde	externo	<b>150</b>
Checar ubicación manipulador	externo	<b>25</b>
Trasladar molde a máquina	externo	<b>150</b>
Tomar carpeta de procesos del número a montar	externo	<b>150</b>
Se retiran piezas master de número anterior y se colocan del nuevo número	externo	<b>60</b>
Se marca el último disparo del número anterior como SCRAP	interno	<b>60</b>
Se desbloquea la máquina	externo	<b>15</b>
Se cambia el ciclo a semiautomático, y se espera a que el manipulador termine su ciclo	externo	<b>50</b>
Se cambia el ciclo a modo ajuste	externo	<b>10</b>
Se retira unidad de inyección	interno	<b>10</b>
Se sacan carros hidráulicos manualmente y se apagan los cores	interno	<b>15</b>
Se prende expulsor, se aumenta 1mm en la carrera de expulsor, se realiza el movimiento de sacar el expulsor y alcanzar la carrera antes mencionada	interno	<b>10</b>
Se retira tenedor de placa de botado	interno	<b>15</b>
Te vas a la página de ajuste de la máquina, en	interno	<b>10</b>

el cuadro de opción se coloca manual		
Se regresa el botador a -137mm atrás del punto "0", se apagan expulsores y se habilitan los cores, y se meten manualmente y se cierra molde	interno	<b>15</b>
Se posiciona grúa y se engancha molde para retirarlo	externo	<b>45</b>
Se desconecta el sistema de colada, refrigeración, aire, hidráulico y señales de cores	interno	<b>25</b>
Se selecciona la platina magnética, se desmagnetiza lado fijo y lado móvil y se abre la prensa	interno	<b>45</b>
Se baja molde y se carga el programa del molde a subir	interno	<b>45</b>
Se sube molde se coloca en prensa	interno	<b>45</b>
Se apagan cores para poder cerrar prensa hasta que levante fuerza de cierre	interno	<b>45</b>
Se procede a magnetizar parte fija y parte móvil y se apagan las platinas magnéticas	interno	<b>45</b>
Se procede a desenganchar el molde y se retira grúa	interno	<b>25</b>
Se conecta sistema de colada, aire, hidráulico, refrigeración y señales de cores	interno	<b>25</b>
Se posiciona en página de ajuste de la máquina para fijar a "0" el punto de cierre	interno	<b>10</b>
Se procede abrir molde en modo ajuste y antes de llegar a su posición final se prenden las señales de cores y se termina de abrir molde a posición final con esto los cores se	interno	<b>20</b>

accionan		
Se apagan los cores y se prenden expulsos	interno	<b>25</b>
Se sacan los botadores después de punto "0" una vez salidos los botadores del molde se coloca el tenedor y se regresa placa de botadores, ya regresado el botador a posición atrás se selecciona página de ajuste de máquina y se fija punto "0" para expulsor y se apaga expulsor	interno	<b>10</b>
Se activa core y se meten manualmente y se cierra molde	interno	<b>10</b>
Se activa cores con molde cerrado, te posicionas en página de ajuste y en el cuadro de dialogo te posicionas en "des"	interno	<b>10</b>
Se abre el molde, al abrir el molde debe de realizar los pasos: a. Abrir cores b. Sacar expulsor c. Cerrar cores	interno	<b>25</b>
Cerrar molde	interno	<b>10</b>
Se posiciona en página de unidad de inyección "A" se aumenta contrapresión al 200% para proceder a purgar material, al término de purgar se regresan los valores de contrapresión a los que indique nuestro programa	interno	<b>150</b>

<p>Te posicionas en la página de ajuste, se avanza unidad de inyección a tope con bebederos del molde, en dicha página se fijan en punto cero</p> <p>a. Carrera del expulsor</p> <p>b. Punto de cierre</p> <p>c. Fijar punto de unidades de inyección</p> <p>Se selecciona en el cuadro de dialogo el “des”</p>	interno	<b>25</b>
Se procede a prender calefacción del molde	interno	<b>15</b>
Se procede a cambio de manipulador	interno	<b>25</b>
Mandar el manipulador a home	interno	<b>15</b>
Se procede a abrir el molde en manual	interno	<b>15</b>
Se aplica desmoldante a parte fija y parte móvil	interno	<b>25</b>
Ya que este atemperado el molde se procede a poner en modo semiautomático y se cierra el molde	interno	<b>150</b>
Después de realizar la inyección, antes de dosificar se enciende el manipulador y se manda a home y ya estando en su posición se selecciona el modo ciclo continuo	Externo	<b>15</b>
Se verifica que el robot tome las piezas correctamente	Interno	<b>10</b>
Si el robot sale con las piezas tomadas correctamente se procede a dar modo automático a la máquina de inyección y presionar el botón de cerrar molde para tener nuestro ciclo	interno	<b>10</b>
Revisar los primeros tres disparos y macarlos como SCRAP checando las últimas zonas de llenado y punto de inyección, colocando	externo	<b>180</b>

nombre, firma, fecha y grupo que se encuentre laborando		
Comparar el cuarto disparo con la pieza master	externo	<b>60</b>
Llenar hoja de parámetros con los datos actuales	externo	<b>25</b>
		<b>2130</b>

Tabla 4.1

Ahora tenemos el tiempo que tardan para realizar un cambio de molde, el tiempo total resulta de una división del tiempo total entre 60 segundos:

$$tiempo\ total = \frac{2130}{60} = 35.5\ minutos$$

Ya conociendo el tiempo total que realiza el operador de SMED se procede a generar un análisis de los pasos que está utilizando, con ello se reduce el tiempo de cambio de molde.

Se realizaron los ajustes en los pasos que conforman el cambio de herramental y se obtuvieron los siguientes resultados:

<b>PASOS</b>	<b>Interno / Externo</b>	<b>Tiempo segundos</b>
Verificar en el pizarrón cambio a realizar	externo	
Ir por herramienta a ocupar	externo	
Checar ubicación de molde	externo	
Trasladar grúa viajera a ubicación de molde	externo	
Checar ubicación manipulador	externo	
Trasladar molde a máquina	externo	
Tomar carpeta de procesos del número a montar	externo	
Se retiran piezas master de número anterior y	externo	

se colocan del nuevo número		
Se marca el último disparo del número anterior como SCRAP	externo	
Se desbloquea la máquina	externo	
Se cambia el ciclo a semiautomático, y se espera a que el manipulador termine su ciclo	externo	
Se cambia el ciclo a modo ajuste	externo	
Se retira unidad de inyección	interno	<b>10</b>
Se sacan carros hidráulicos manualmente y se apagan los cores	interno	<b>15</b>
Se prende expulsor, se aumenta 1mm en la carrera de expulsor, se realiza el movimiento de sacar el expulsor y alcanzar la carrera antes mencionada	interno	<b>10</b>
Se retira tenedor de placa de botado	interno	<b>15</b>
Te vas a la página de ajuste de la máquina, en el cuadro de opción se coloca manual	interno	<b>10</b>
Se regresa el botador a -137mm atrás del punto "0", se apagan expulsos y se habilitan los cores, y se meten manualmente y se cierra molde	interno	<b>15</b>
Se posiciona grúa y se engancha molde para retirarlo	externo	
Se desconecta el sistema de colada, refrigeración, aire, hidráulico y señales de cores	interno	<b>25</b>
Se selecciona la platina magnética, se desmagnetiza lado fijo y lado móvil y se abre la prensa	interno	<b>30</b>
Se baja molde y se carga el programa del molde a subir	interno	<b>45</b>

Se sube molde se coloca en prensa	interno	<b>45</b>
Se apagan cores para poder cerrar prensa hasta que levante fuerza de cierre	interno	<b>60</b>
Se procede a magnetizar parte fija y parte móvil y se apagan las platinas magnéticas	interno	<b>60</b>
Se procede a desenganchar el molde y se retira grúa	interno	<b>60</b>
Se conecta sistema de colada, aire, hidráulico, refrigeración y señales de cores	interno	<b>60</b>
Se posiciona en página de ajuste de la máquina para fijar a "0" el punto de cierre	interno	<b>30</b>
Se procede abrir molde en modo ajuste y antes de llegar a su posición final se prenden las señales de cores y se termina de abrir molde a posición final con esto los cores se accionan	interno	<b>20</b>
Se apagan los cores y se prenden expulsores	interno	<b>25</b>
Se sacan los botadores después de punto "0" una vez salidos los botadores del molde se coloca el tenedor y se regresa placa de botadores, ya regresado el botador a posición atrás se selecciona página de ajuste de máquina y se fija punto "0" para expulsor y se apaga expulsor	interno	<b>10</b>
Se activa core y se meten manualmente y se cierra molde	interno	<b>10</b>
Se activa cores con molde cerrado, te posicionas en página de ajuste y en el cuadro de dialogo te posicionas en "des"	interno	<b>10</b>

Se abre el molde, al abrir el molde debe de realizar los pasos: a. Abrir cores b. Sacar expulsor c. Cerrar cores	interno	<b>25</b>
Cerrar molde	interno	<b>10</b>
Se posiciona en página de unidad de inyección “A” se aumenta contrapresión al 200% para proceder a purgar material, al término de purgar se regresan los valores de contrapresión a los que indique nuestro programa	interno	<b>90</b>
Te posicionas en la página de ajuste, se avanza unidad de inyección a tope con bebederos del molde, en dicha página se fijan en punto cero a. Carrera del expulsor b. Punto de cierre c. Fijar punto de unidades de inyección Se selecciona en el cuadro de dialogo el “des”	interno	<b>30</b>
Se procede a prender calefacción del molde	interno	<b>30</b>
Se procede a cambio de manipulador	interno	<b>25</b>
Mandar el manipulador a home	externo	
Se procede a abrir el molde en manual	interno	<b>15</b>
Se aplica desmoldante a parte fija y parte móvil	interno	<b>30</b>
Ya que este atemperado el molde se procede a poner en modo semiautomático y se cierra el molde	interno	<b>150</b>

Después de realizar la inyección, antes de dosificar se enciende el manipulador y se manda a home y ya estando en su posición se selecciona el modo ciclo continuo	Externo	
Se verifica que el robot tome las piezas correctamente	Interno	<b>15</b>
Si el robot sale con las piezas tomadas correctamente se procede a dar modo automático a la máquina de inyección y presionar el botón de cerrar molde para tener nuestro ciclo	Externo	
Revisar los primeros tres disparos y macarlos como SCRAP checando las últimas zonas de llenado y punto de inyección, colocando nombre, firma, fecha y grupo que se encuentre laborando	Externo	
Comparar el cuarto disparo con la pieza master	Externo	
Llenar hoja de parámetros con los datos actuales	Externo	
		<b>985</b>

Tabla 4.2

Con lo cual se obtiene un tiempo para realizar un cambio de molde de:

$$tiempo\ total = \frac{985}{60} = 16.5\ minutos$$

Con ello se observa que se realizó una disminución en el tiempo del cambio de molde gracias a que se redujeron los pasos en la metodología SMED, se cambiaron algunos pasos de internos a externos y con ello se mejora el tiempo, con las capacitaciones impartidas por los ingenieros de procesos hacia los

ajustadores se logro que tuvieran una mejor percepción en cuanto a como realizar cada uno de los cambios.

Para asegurar que los operadores de cambios de molde sigan la metodología SMED se genera un documento en el cual se tendrá que ir llenando cada que se haga un paso en la siguiente imagen podemos observar cada uno de esos puntos:

TIPO	HORA INICIO	CAMBIO		REFERENCIA	TIEMPO		ANTES				DURANTE				DESPUES		NOMBRE	NOMBRE	COMENTARIOS			
		MAG	C. HOLVE V. VERSI OH		Nº. DE MOLDE (H. H. H. H.)	A BAJAR	A SUBIR	HORA TERMINO	TOTAL	Nº. DE CAMBIOS EN MOLDE	MANIPULADOR	MATERIAL	CAMBIA	MANIPULADOR	FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT	REGLAJES ROTADORES PROGRAMAS DE PESO	PROGRAMA DE MECANICA	REVISAR		REVISAR	REVISAR	REVISAR

Imagen 4.3 (auditoria propia)

Con ello se facilita el cambio de molde en cada uno de los números de parte que se corren en la máquina de inyección de 420 toneladas, sí se sigue cada uno de los pasos que marca la metodología, los operadores no perderán el tiempo en estar buscando cada uno de sus herramientas o herramientas a utilizar para realizar los cambios, también se genera un documento que se llama lista de verificación de grúa viajera para detectar si el periférico está funcionando correctamente cuando se inicie el turno, a continuación se presenta el documento que se elaboró para el uso de la grúa viajera y así poder transportar los moldes:



La siguiente tabla muestra cada una de las herramientas que se entrega a los equipos integrados de SMED en cada uno de los turnos de la empresa:

N°	HERRAMIENTA	CANTIDAD
1	LLAVES T JUEGO CON 10 PIEZAS	1
2	DESARMADOR DE JOYERO JUEGO DE 10 PIEZAS	1
3	PINZA DE PRESIÓN STANLEY 10"	1
4	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 17mm MÉTRICA	1
5	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 14mm MÉTRICA	1
6	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 3/4" LARGA	1
7	MARTILLO BOLA ANTICHISPA 25 ONZAS	1
8	LLAVE AJUSTADA URREA CROMADA DE 8"	1
9	LLAVE AJUSTADA URREA CROMADA DE 10"	1
10	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA ESTANDAR JUEGO DE 13 PIEZAS	1
11	PINZA PUNTA LARGA URREA C/LATERAL 8 9/19" ALTA PALANCA	1

Imagen 4.5 (auditoria propia)

Se entregaron 2 juegos de herramientas por turno.

# HERRAMIENTA SMED

N°	HERRAMIENTA	CANTIDAD
1	LLAVES T JUEGO CON 10 PIEZAS	1
2	DESARMADOR DE JOYERO JUEGO DE 10 PIEZAS	1
3	PINZA DE PRESIÓN STANLEY 10"	1
4	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 17mm MÉTRICA	1
5	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 14mm MÉTRICA	1
6	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA DE 3/4" LARGA	1
7	MARTILLO BOLA ANTICHISPA 25 ONZAS	1
8	LLAVE AJUSTADA URREA CROMADA DE 8"	1
9	LLAVE AJUSTADA URREA CROMADA DE 10"	1
10	LLAVE HEXAGONAL "L" MARCA URREA ESTANDAR JUEGO DE 13 PIEZAS	1
11	PINZA PUNTA LARGA URREA C/LATERAL 8 9/19" ALTA PALANCA	1

\_\_\_\_\_  
SUPERVISOR

\_\_\_\_\_  
INGENIERO DE PROCESOS

\_\_\_\_\_  
OPERADOR

\_\_\_\_\_  
OPERADOR

Imagen 4.6 (auditoria propia)

## CAPITULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los tiempos ciclo en los cambios de molde después de aplicar cada una de las propuestas establecidas arrojan los siguientes datos:

Inyectora 420 toneladas							
ENTRA	SALE	TIEMPO	TIEMPO OTROS	ENTRA	SALE	TIEMPO	TIEMPO OTROS
			(MOLDES, MÁQUINAS)				(MOLDES, MÁQUINAS)
07P	19D	15	3	07P	17G	14	
17G	07P	10		07P	17G	13	
69J	19D	14	5	19D	07P	14	6
07W	19D	15	2	07P	19D	14	3
07P	17G	15		17G	07P	10	
07W	07P	10		69J	17G	15	
06N	07W	10		17G	19D	15	
19D	06N	10		07P	17G	10	
17G	07P	15		00U	07P	15	
19D	17G	10		37F	00U	13	3
07P	19D	15		07W	37F	10	
19D	00U	13	4	06N	07W	10	
07P	19D	15		19D	07P	15	4
17G	07P	10		37F	19D	15	
17G	69J	15		69J	07P	15	
07P	17G	10		19D	69J	15	
19D	07P	15		69J	07P	15	5
07P	17G	10		19D	69J	15	1
19D	07P	15		17G	07P	10	
17G	19D	15		00U	17G	13	4
07P	37F	15		69J	07P	13	5

19D	07P	14	4	07P	17G	14	3
07P	17G	15		19D	07P	15	
19D	07P	10		07D	17G	15	
07P	19D	15		19D	07P	15	
07P	37F	15		07P	69J	12	8
17G	07P	10		19D	07P	17	
69J	17G	10		07P	07W	15	3
07P	19D	15		17G	07P	10	
19D	07P	15		19D	17G	13	
69J	07W	14	6	37F	19D	15	2
07P	19D	15	4	17G	19D	13	5
19D	00U	15	3	07P	17G	10	
69J	19D	15	3	00U	07P	15	5
17G	07P	10		69J	07P	14	5
07P	19D	13	3	07P	00U	15	6
17G	07P	10		17G	07P	10	
19D	17G	14		19D	17G	13	3
69J	19D	15	7	07W	19D	15	
06N	19D	13	3	07P	69J	14	
07W	06N	10		19D	07P	15	
07P	06N	15		17G	07P	10	
19D	07P	15		00U	17G	15	
19D	07P	12	4	19D	07P	14	6
37F	19D	15		07P	19D	15	3
69J	19D	15	5	07W	07P	12	4
07P	69J	15	4	17G	07W	15	
73K	07P	13	3	07P	19D	15	
37F	73K	13	3	17G	07P	10	
00U	69J	14	6	07P	17G	10	

17G	00U	14		07P	19D	15	
07P	17G	15	7	17G	19D	15	3
07P	19D	15	6	Promedio		13.4	

Tabla 5.1

En los cambios podemos observar que el cambio de molde está en promedio de los 15 minutos, en algunos casos se supera este tiempo al momento de arrancar la máquina por lo que tiene que intervenir algunos otros departamentos:

- Moldes
- Mantenimiento
- Procesos

El problema principal en los cambios de molde se presenta por que se tienen tiempos elevados, aplicando acciones correctivas del procedimiento en el cambio de modelo en una máquina de inyección de 420 toneladas se logran obtener tiempos de 15 minutos en promedio, las mejoras aplicadas son:

- Se arregla el pirómetro de la mesa de cambio y se precalienta el molde antes de entrar a la máquina.



Imagen 5.1 (auditoria propia)

- Se realiza un programa en el cual se coloca posición base para cambio de manipulador (robot que toma pieza y la transporta a la banda transportadora)



Imagen 5.2 (auditoria propia)

- Se alinea mesa de cambio (donde se colocan los moldes para el cambio de modelo)



Imagen 5.3 (auditoria propia)

A continuación se describen los pasos para hacer un SMED en una máquina de inyección:

1. Se desbloquea la máquina

2. Se cambia el ciclo a semiautomático, y se espera a que el manipulador termine su ciclo (circulo verde)
3. Se cambia el ciclo a modo ajuste (circulo azul)

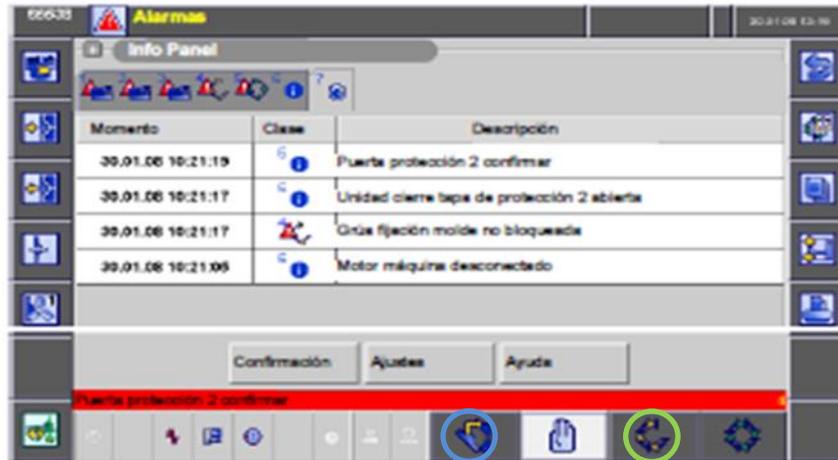


Imagen 5.4 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

4. Se retiran unidades de inyección

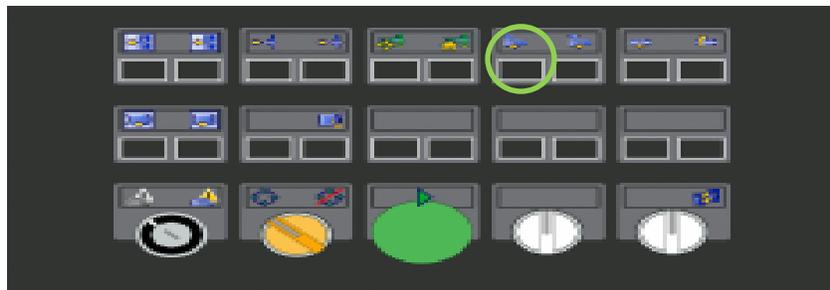


Imagen 5.5 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

5. Se sacan carros hidráulicos manualmente y se apagan los cores (depende el número de cores que tenga el molde, circulo verde)

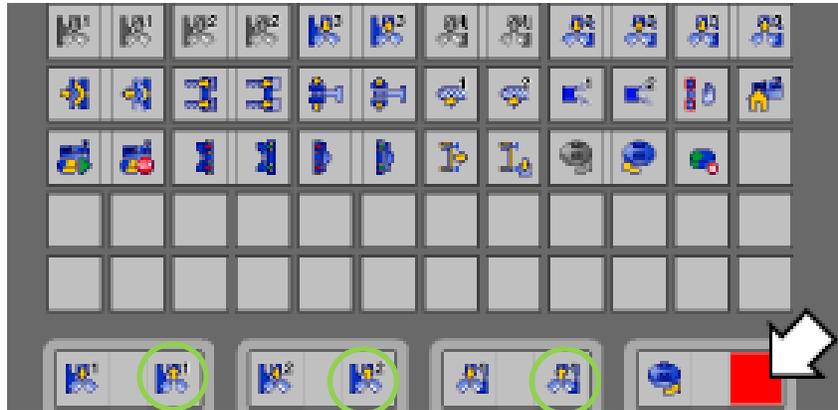


Imagen 5.6 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

6. Se prende expulsor, se aumenta 1mm. En la carrera de expulsor, se realiza el movimiento de sacar el expulsor y alcanzar la carrera antes mencionada
7. Se retira tenedor de placa de botado
8. Te vas a la página de ajuste de la máquina, en el cuadro de opción se coloca manual

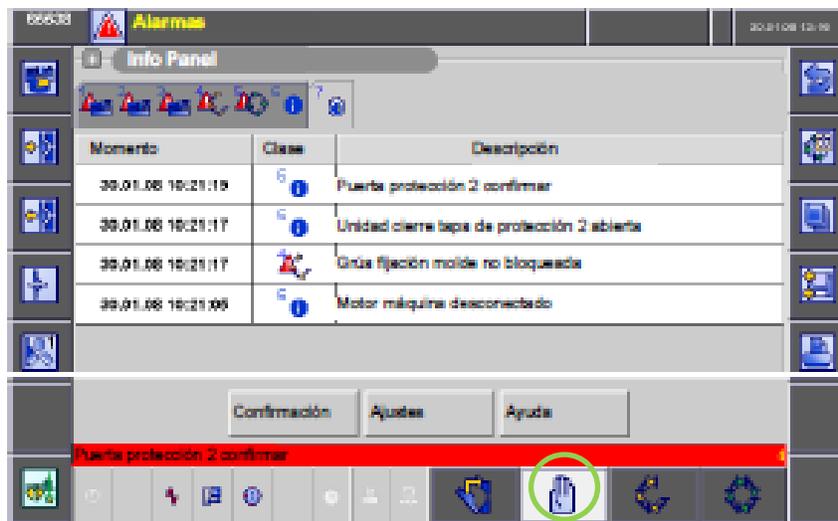


Imagen 5.7 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

9. Se regresa el botador a -137mm atrás del punto "0", se apagan expulsores y se habilitan los cores, y se meten manualmente y se cierra molde

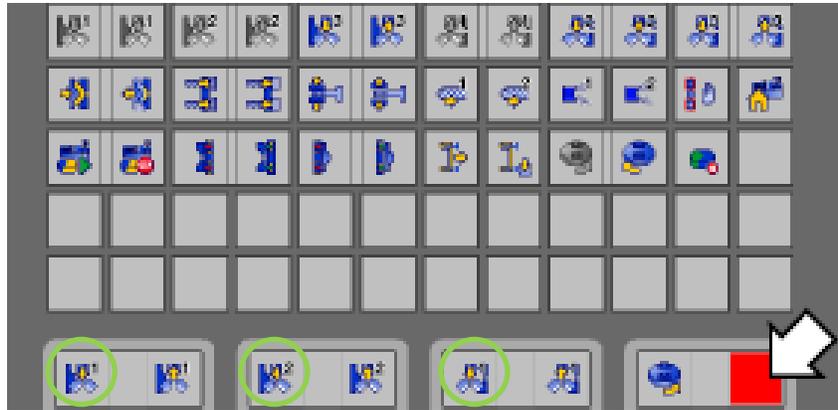


Imagen 5.8 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

10. Se posiciona grúa y se engancha molde para retirarlo



Imagen 5.9 (<http://aguascalientes.infored.com.mx/gruas-viajeras>, 17-oct-17)

11. Se desconecta el sistema de colada, refrigeración, aire, hidráulico y señales de cores



Imagen 5.10 (auditoria propia)

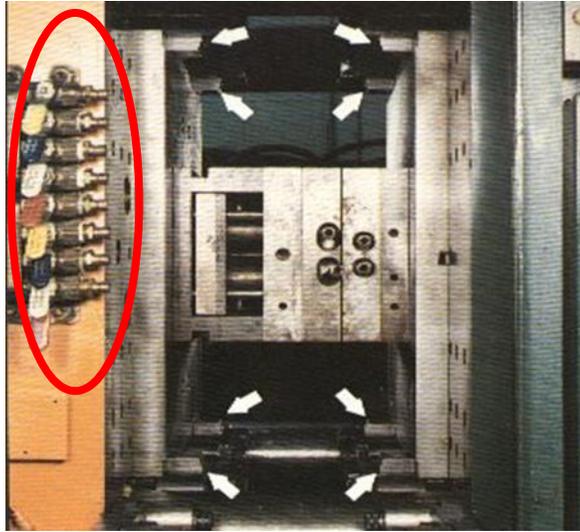


Imagen 5.11 (auditoria propia)

12. Se selecciona la platina magnética, se desmagnetiza lado fijo y lado móvil y se abre la prensa



Imagen 5.12 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

13. Se apagan cores para poder cerrar prensa hasta que levante fuerza de cierre
14. Se procede a magnetizar parte fija y parte móvil y se apagan las platinas magnéticas



Imagen 5.13 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

15. Se procede a desenganchar el molde y se retira grúa

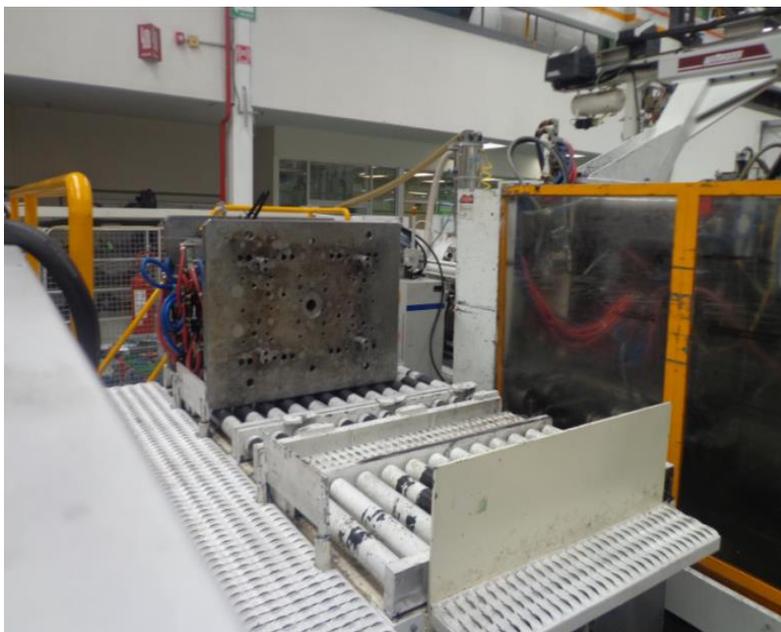


Imagen 5.14 (auditoria propia)

16. Se conecta sistema de colada, aire, hidráulico, refrigeración y señales de cores

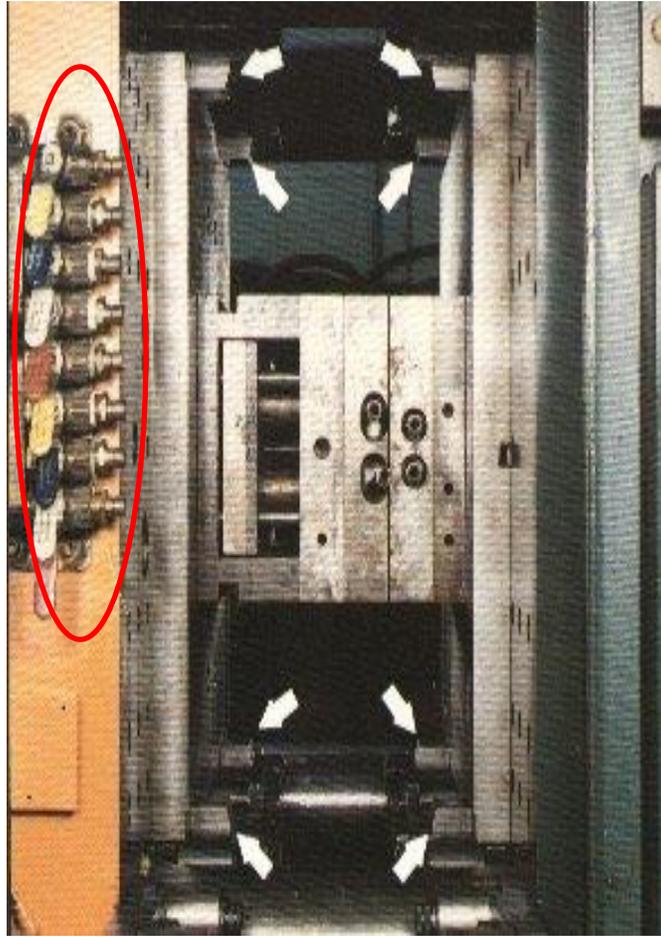
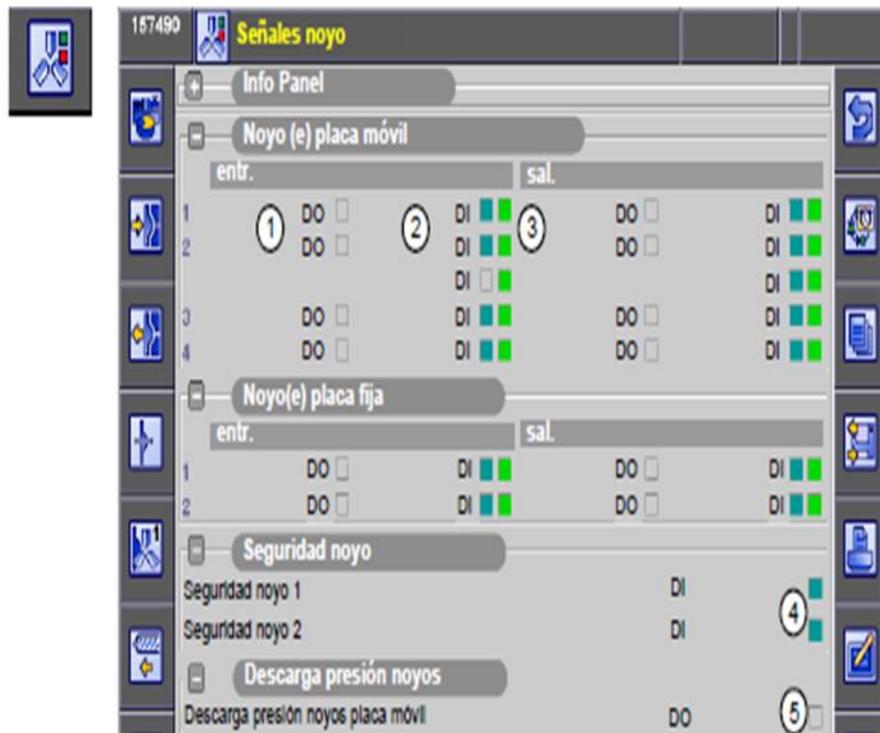


Imagen 5.15 (auditoria propia)



Imagen 5.16 (auditoria propia)

17. Se posiciona en página de ajuste de la máquina para fijar a “0” el punto de cierre
18. Se procede a abrir molde en modo ajuste y antes de llegar a su posición final se prenden las señales de cores y se termina de abrir molde a posición final con esto los cores se accionan
19. Se apagan los cores y se prenden expulsores



- [1] **Comandado noyo**  
Se enciende mientras el noyo este activado.
- [2] **Noyo en estado posición final**  
Se enciende, cuando el noyo ha alcanzado el respectivo final de carrera.
- [3] **Noyo estado posición final**  
Se enciende, cuando el mando ha ejecutado el respectivo movimiento de noyo dependiente de tiempo o final de carrera.
- [4] **Seguridad noyo**  
Se enciende, cuando el respectivo interruptor de seguridad de noyo está conectado.
- [5] **Descarga presión noyos**  
Se enciende, mientras está comandada la válvula de descarga de presión de noyos.

Imagen 5.17 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

20. Se sacan los botadores después de punto "0" una vez salidos los botadores del molde se coloca el tenedor y se regresa placa de botadores, ya regresado el botador a posición atrás se selecciona página de ajuste de máquina y se fija punto "0" para expulsor y se apaga expulsor

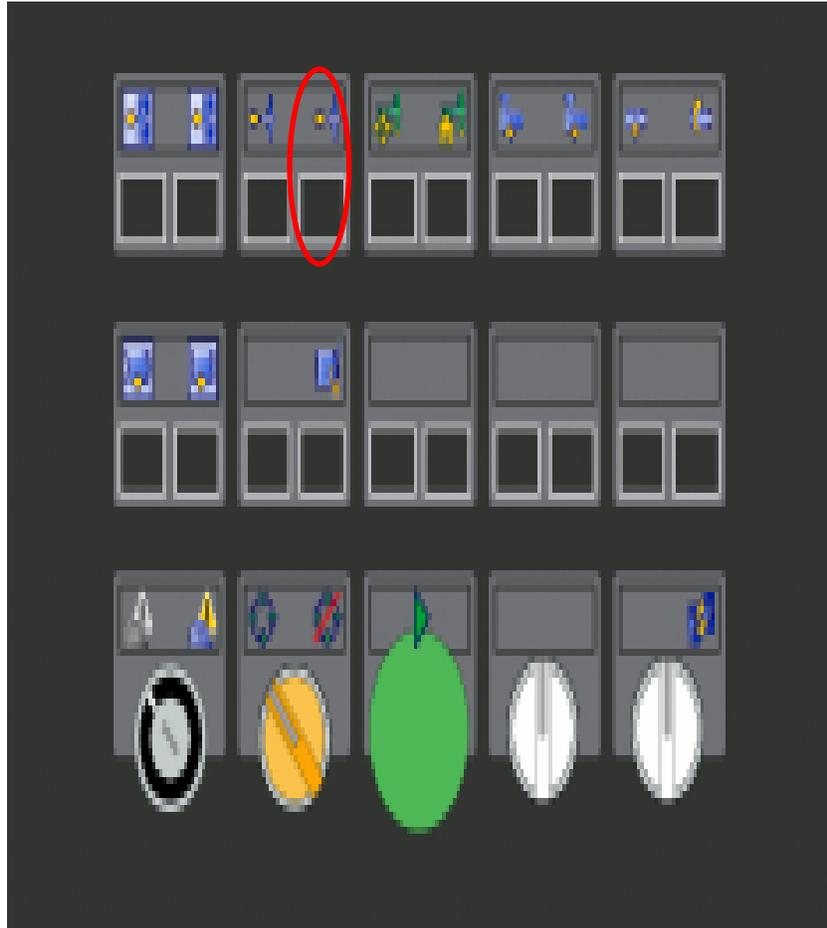


Imagen 5.18 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

21. Se activa core y se meten manualmente y se cierra molde

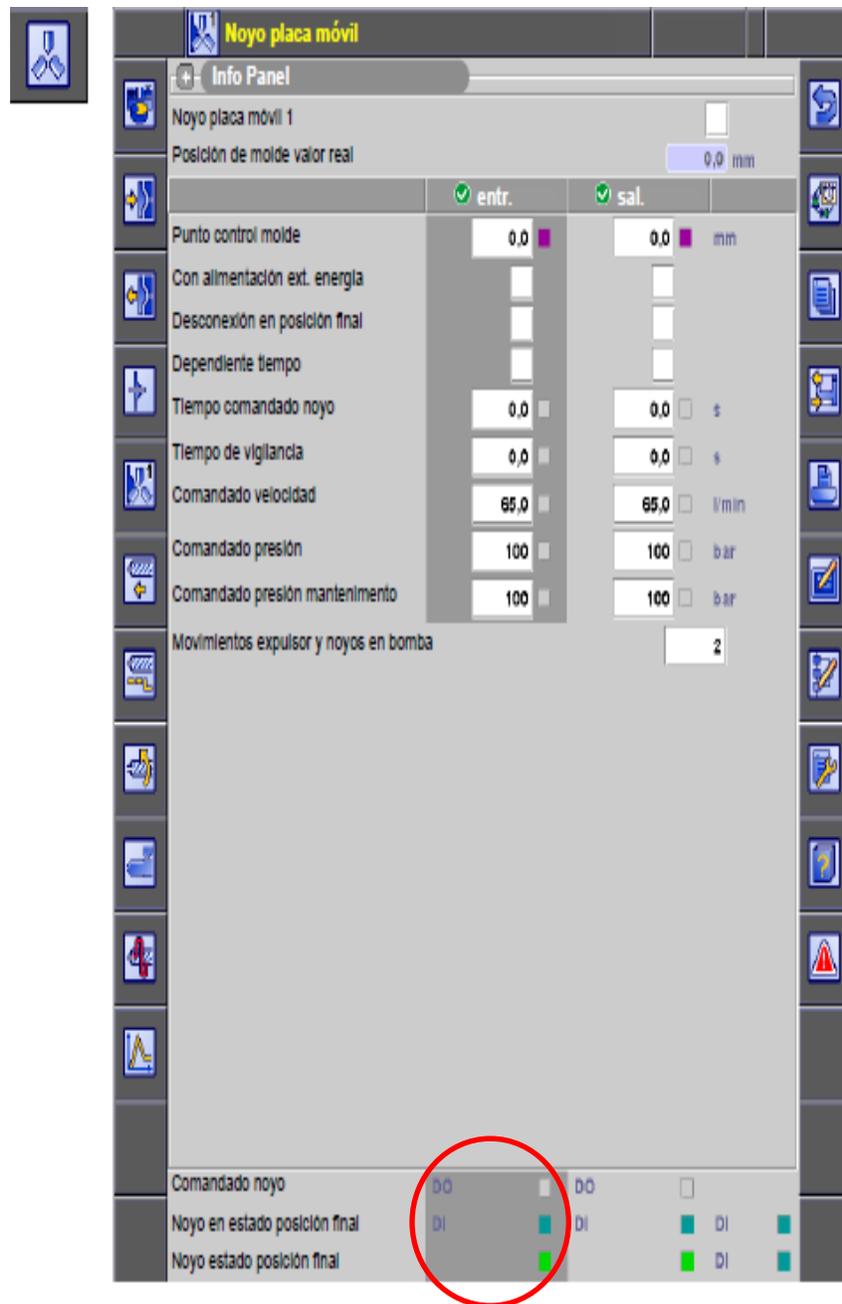


Imagen 5.19 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

22. Se activa cores con molde cerrado, te posicionas en página de ajuste y en el cuadro de dialogo te posicionas en “des”
23. Se abre el molde, al abrir el molde debe de realizar los pasos:
  - a. Abrir cores
  - b. Sacar expulsor
  - c. Cerrar cores



Imagen 5.20 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

24. Cerrar molde

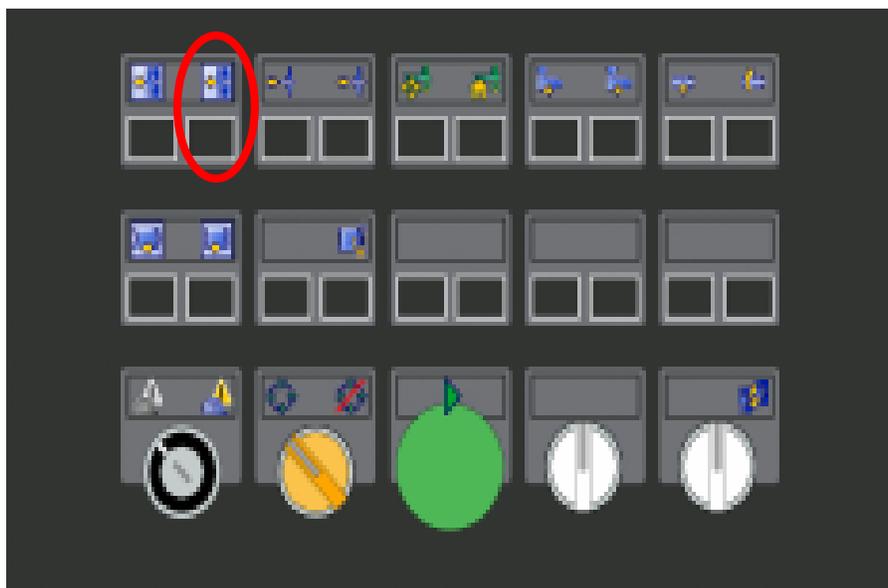


Imagen 5.21 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

25. Se posiciona en página de unidad de inyección y se aumenta contrapresión al 200% para proceder a purgar material, al término de purgar se regresan los valores de contrapresión a los que indique nuestro programa

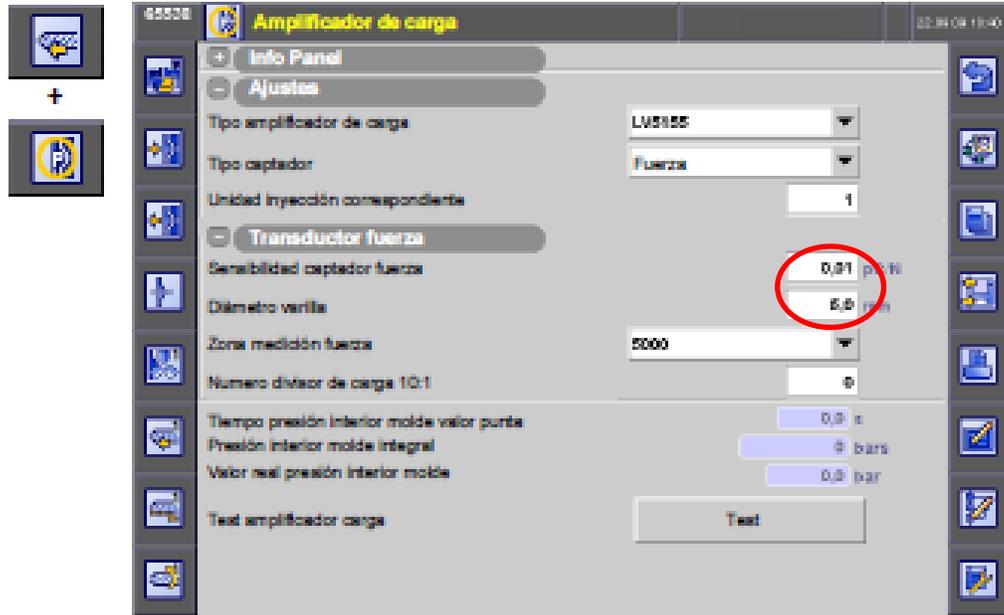


Imagen 5.22 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

26. Te posicionas en la página de ajuste, se avanza unidad de inyección a tope con bebederos del molde, en dicha página se fijan en punto cero

- a. Carrera del expulsor
- b. Punto de cierre
- c. Fijar punto de unidades de inyección

Se selecciona en el cuadro de dialogo el “des”

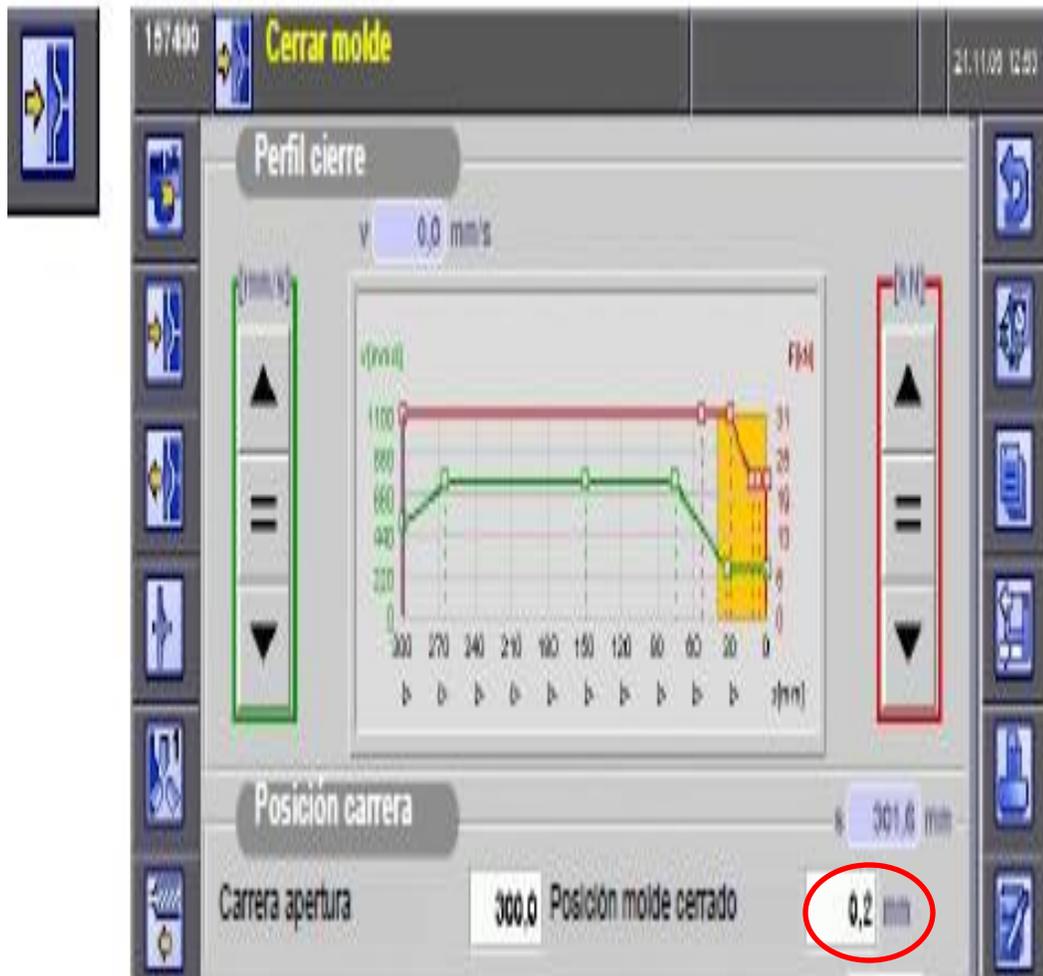


Imagen 5.23 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

27. Se procede a prender calefacción del molde

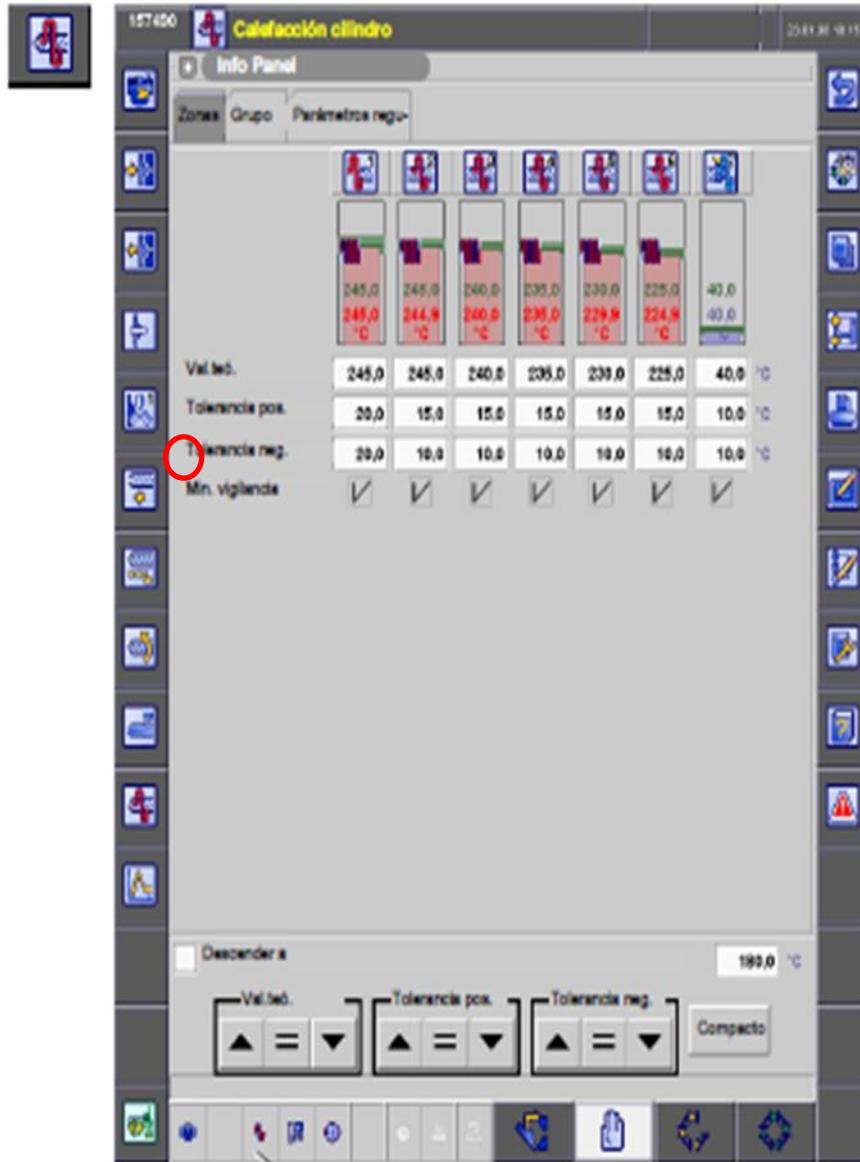


Imagen 5.24 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

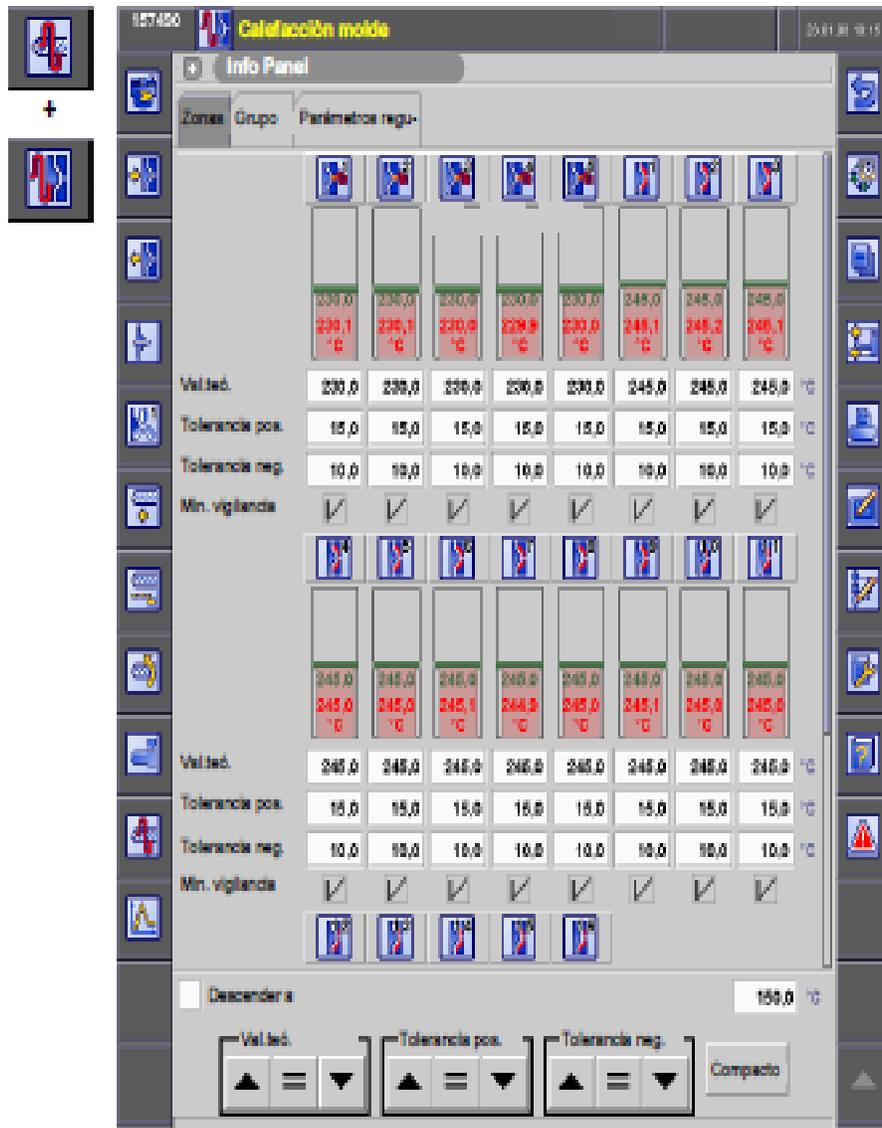


Imagen 5.25 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

28. Se procede a cambio de manipulador



Imagen 5.26 (auditoria propia)

29. Mandar el manipulador a home



Imagen 5.27 (<https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Controladores-de-robot-Wittmann-114608.html>, 16-oct-17)

30. Se procede a abrir el molde en manual y se aplica desmoldante placa fija y móvil



Imagen 5.28 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

31. Ya que este atemperado el molde se procede a poner en modo semiautomático y se cierra el molde
32. Después de realizar la inyección, antes de dosificar se enciende el manipulador y se manda a home y ya estando en su posición se selecciona el modo ciclo continuo
33. Se verifica que el robot tome las piezas correctamente



Imagen 5.29 (auditoria propia)

34. Si el robot sale con las piezas tomadas correctamente se procederá a dar modo automático a la máquina de inyección y presionar el botón de cerrar molde para tener nuestro ciclo

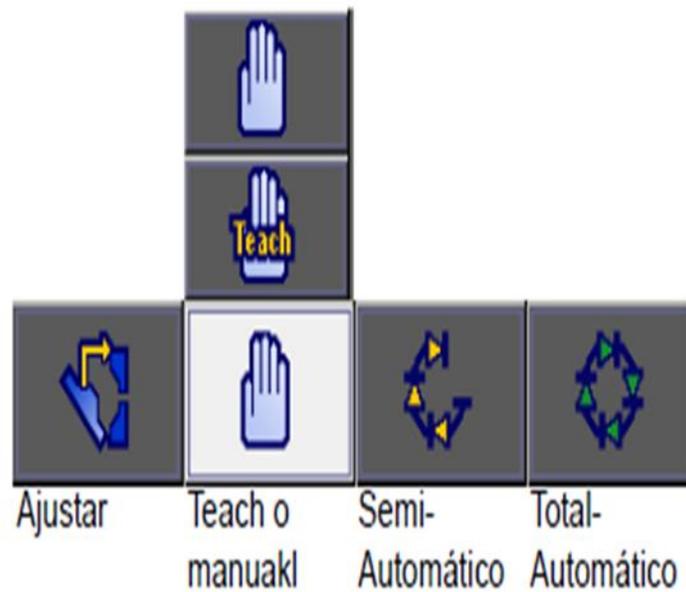


Imagen 5.30 (operator manual machine duo 7050/1900 WP US ENGEL, 2013)

Después de lo aplicado y de reestructurar los pasos de cambio de molde se hace con mayor facilidad un cambio en la máquina de inyección, con esto los cambios de molde se mejoraron en sus tiempos ciclos dando como resultados cambios de 10 a 17 minutos en cada uno de los programados, los técnicos encargados de los cambios ya tiene n sus capacitaciones y les es más fácil entender el porque se debe de seguir cada uno de los puntos y el conocer tanto su maquinaria, periféricos y así como sus materiales a trabajar.

Las carpetas de proceso se checan para observar que se cuente con las hojas de parámetros actualizadas se archivan las hojas de parámetros que ya estén llenas así como también las minutas de 5 minutos OJT de seguridad y las alertas de seguridad para tener un registro de los peligros que se pueden correr por no hacer adecuadamente las actividades se realizan mensualmente FODA´s para ver cómo va el avance.

## Conclusiones

Teniendo como objetivo general obtener una reducción del 20% mínimo de tiempo ciclo en un molde de inyección de un componente de un sistema HVAC aplicando la metodología SMED, se observa una reducción del 45% en el tiempo ciclo en los cambios de molde con ello se ha ganado tiempo para poder hacer más flexible la línea de producción para tener una planeación con el tiempo necesario para preparar los cambios y así producir lo que el cliente demande, evitan tener desperdicios de tiempo y sobreproducción en la empresa.

Se realizó una capacitación para el personal que integra el área de SMED, se explican puntos relevantes de la filosofía y se hacen prácticas en la línea de producción. Se analizó la metodología que tenía la empresa y se hizo un estudio para reestructurar los puntos que pueden afectar en los cambios de molde, se cambian puntos internos a externos y se hace un reacomodo de los herramientas que se utilizan en la máquina de inyección.

Una vez ya aplicada la metodología modificada del SMED se observa que tenemos una reducción del 45% en el tiempo ciclo de cambios de molde, se hizo funcionar el reloj que mide el tiempo de SMED en la máquina y se explicó a operadores y técnicos el manejo correcto del reloj, el cual es desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena.

Una vez aplicada la mejora en la metodología SMED se lograron reducir los pasos que intervienen en el cambio de molde, pasando algunos puntos internos a externos, analizando los resultados en los tiempos ciclo quedan muy cercanos a los 15 minutos, logrando una mejora del 45% en tiempo de ciclo, aunque en algunos casos se observa que intervienen otros departamentos como moldes y mantenimiento.

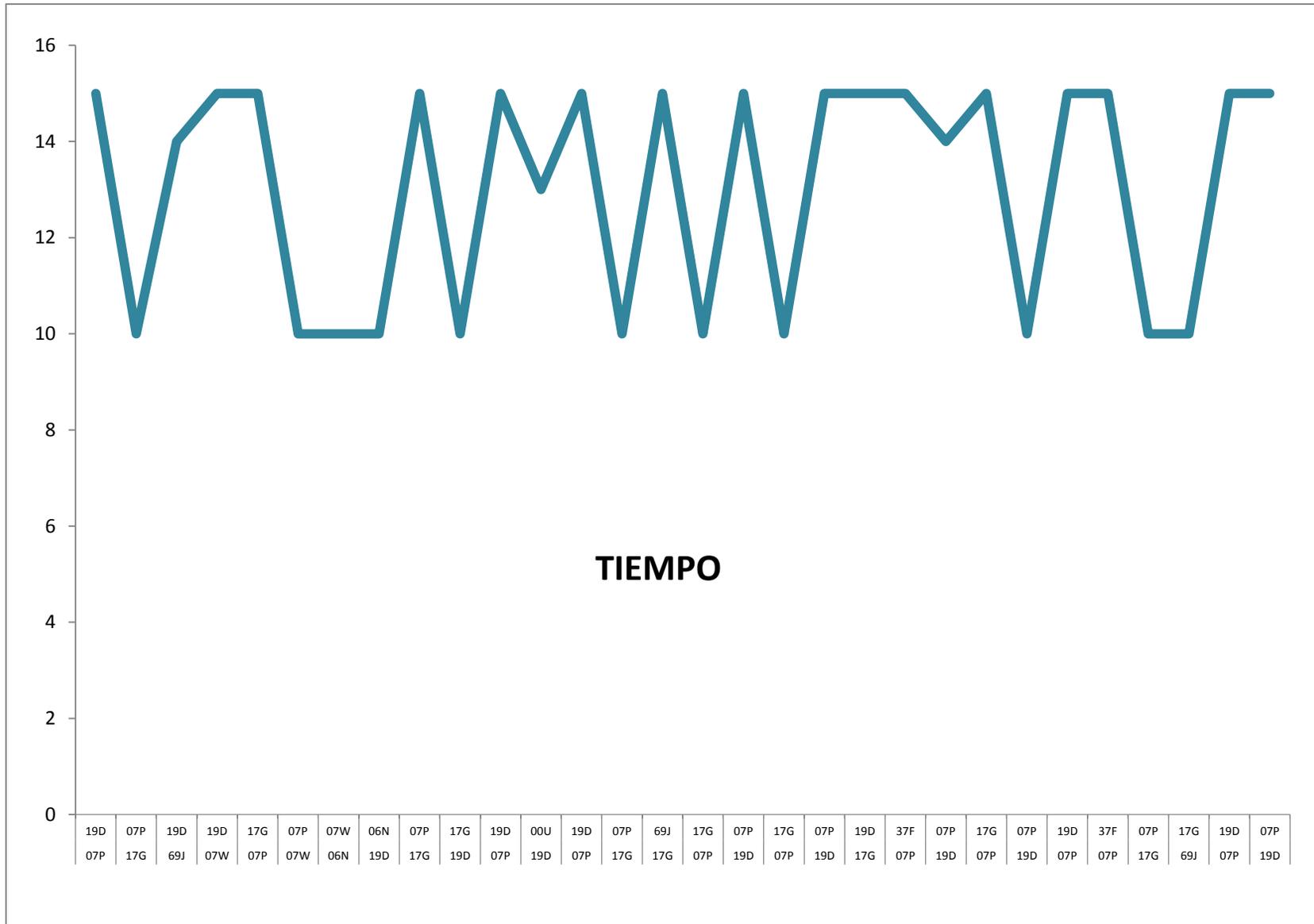
Lo primero que se debe realizar es el correcto análisis del problema que presentemos en nuestra línea de producción en este caso resultó ser la pérdida de tiempo en nuestros cambios de herramental en una máquina de inyección la cual tenía como promedio 30 minutos en cada uno de los cambios, se observó que no

se contaba con una adecuada programación de los cambios de modelo, esto gracias a la falta de comunicación del supervisor con el personal técnico de cambio de herramental. Se llegó a observar que inclusive tenían en una misma hora 3 o 4 cambios y no se tenía cual era prioridad para la producción, se explica la importancia de una buena programación al supervisor y que acomode de acuerdo a la prioridad de cada uno de los productos que se tengan que fabricar.

Por otra parte, se cambiaron los registros de los reportes de cambios de molde, actualmente se explica paso a paso lo que se debe hacer en el cambio de molde y que es lo que debe de checar cada uno de los técnicos que intervendrán en este proceso del cambio de herramental, se soluciono el problema que existía con los pirómetros los cuales no funcionaban en la mesa de cambio con ello se pudo reducir considerablemente el tiempo muerto en los cambios de molde ya que se colocaba el molde que iba a ingresar a la máquina 15 minutos antes para su calentamiento y así ya no esperar tanto tiempo a que caliente una vez dentro de la máquina de inyección.

La empresa adquirió la herramienta que se utiliza en los cambios de modelo, con ello se integraron las cajas de herramienta para cada uno de los grupos que intervienen en los cambios de moldes y se platico con el personal técnico para que entendieran la importancia de cuidar y resguardar su herramienta pues con ella tienen que trabajar a diario en la línea de producción.

En la siguiente gráfica se observan los tiempos que se registraron después de la mejora en la metodología SMED:



Gráfica 2 tiempos de cambio de modelo después de la mejora.

Actualmente se tienen tiempos promedios de 15 minutos en el cambio de modelo, en la empresa el tiempo ciclo de la máquina de inyección es de 38 segundos por pieza, al reducir el tiempo ciclo en cambio de modelo al menos en 10 minutos estamos hablando que el aumento en la producción en cada lote será de 19.35 piezas. Donde se sabe que en un turno de 8 horas tomando en cuenta la media hora de comida del operador, se deben producir 710 piezas si se trabaja continuamente la máquina de inyección, ahora con las 19.35 piezas que se pueden producir después del cambio de modelo refleja una mejora en la producción del 3.65%. Con ello se logra un aumento significativo en la producción, aunque también para mantener estos tiempos se deberá estar trabajando arduamente con la disciplina de los empleados que se encuentren en la línea de producción y con las filosofías que estén implementadas, una de ellas será 5S's y TPM.

## Recomendaciones y experiencia vivida

Optimizar los tiempos en las máquinas de inyección en esta empresa fue resultado de una mejor preparación del personal, elaborando un plan de capacitación y con la ayuda de la filosofía del PDCA.

El transmitir el conocimiento de los ingenieros de procesos a los técnicos de SMED y eliminan dudas y genera el correcto uso de la metodología SMED.

Se ponen en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, mostrando que no solo es necesario ser bueno en lo teórico sino también ser bueno en lo práctico, además, permitió tratar con personal administrativo y personal operativo, dejando una gran enseñanza en mi persona como la importancia en el trato de las personas ya que en el día a día se aprende algo nuevo, sea una persona operativa o un gerente podemos aprender de todos.

Siempre se encontrará una mejora en la línea de producción, lo único que hace falta es realizar la mejora a través de una herramienta de calidad o alguna filosofía que se conozca.

Si se tiene la costumbre de realizar las operaciones como debe ser crearemos una cultura organizacional y cuando llegue una persona nueva será mucho mas fácil que se acople a los compañeros de trabajo, por que se transmitirán los mismos conocimientos en el manejo de las maquinas de igual manera. Esto ayuda a evitar pérdidas dentro de la línea de producción, con ello se reducirá el tiempo de capacitación que se le dedique a una persona.

Un punto fundamental en este proyecto fue el aprender y aplicar la filosofía SMED, además de que puede ser ocupada en cualquier empresa, línea de producción e incluso cualquier departamento, se comprendió el manejo adecuado de software como lo es Microsoft Excel y en lo personal lo mejor fue aprender el manejo de las máquinas de inyección desde su puesta en punto hasta modificaciones en sus parámetros.

## **Glosario de términos**

SMED.- (Single Minute Exchange of Die) cambio rápido de herramental.

Cores.- Insertos que se encuentran en los corazones de los moldes para dar un acabado a la pieza.

PDCA.- (Plan, Do, Check, Act) Metodología de la mejora continua impulsada por el sr. Deming, sirve para el seguimiento a un proyecto e ir checando el estatus de cada una de las acciones tomadas.

Cargas.- Son compuestos que se mezclan con polímeros para mejorar sus propiedades físicas y químicas del compuesto.

Periféricos.- Son máquinas o herramientas que son utilizados en el proceso para hacer eficiente la producción.

Molde.- Conjunto de placas con un diseño para fabricar piezas de acuerdo a los requerimientos de los clientes a quien se valla a producir.

Scrap.- Material no conforme (no cumple con los requerimientos del cliente) y no puede ser reprocesado.

Proceso.- Conjunto de pasos que se siguen para producir algún bien o servicio para determinado sector, el cual a sido probado y aprobado por un conjunto de personas que garantizan la corrida de la línea de producción.

Herramienta.- Son utensilios utilizados para armar o desarmar algún componente ya sea de máquinas o componentes de las piezas.

Colada.- Tipo de inyección que es utilizada en las diferentes máquinas o herramientas a utilizar, existen diferentes tipos en la inyección de plásticos algunas de ellas son fría, semi-caliente, caliente.

Instructivo de trabajo.- Es un documento creado para el apoyo de la persona que está asignada en el proceso para visualizar la forma correcta y los pasos a seguir para manejar el producto o maquinaria.

Manipulador.- Es un aditamento que llevan los robots para la toma de piezas, que ayuda para mejorar el manejo del material salvaguardando la calidad e integridad del producto.

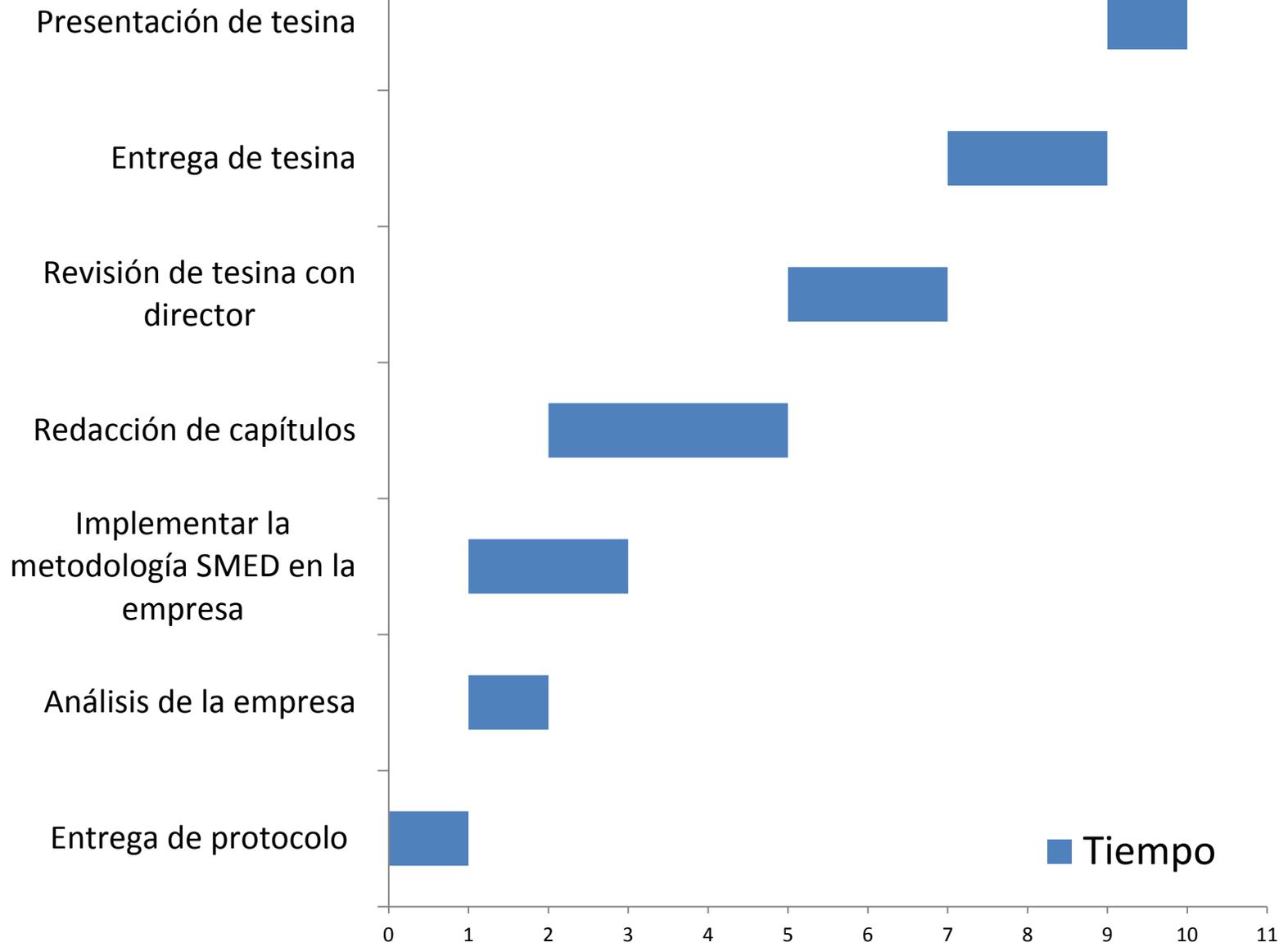
Herramental.- Es un conjunto de piezas, el cual ayuda a crear un producto determinado de acuerdo a los requerimientos del cliente.

TPM.- (Total Productive Maintenance) mantenimiento total productivo, es una herramienta que ayuda a dar mantenimiento a las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso, puede ser llevado por cualquier persona relacionada con el proceso de producción.

Frigel.- Periférico utilizado en las líneas de producción, el cual es una mezcla de un termostato con un chiller el cual ayuda con la temperatura del agua que estará en contacto en el sistema de la máquina.

Chiller.- Periférico el cual ayuda a enfriar el agua que está en circulación en el sistema de la maquinaria para evitar que se sobrecaliente el sistema.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



## ANEXOS

### Metodología SMED

De acuerdo a la página de internet la cual es una encargada de la enseñanza de la metodología SMED mtmingenieros denominan que:

“El **SMED** es un acrónimo en lengua inglesa **Single Minute Exchange of Die**, que significa *cambio de troqueles en menos de diez minutos*. El SMED se desarrolló originalmente para mejorar los cambios de troquel de las prensas, pero sus principios y metodología se aplican a las preparaciones de toda clase de máquinas.

El tiempo de cambio de una serie u orden de fabricación comienza cuando se acaba la última pieza de una serie y termina cuando se obtiene una pieza libre de defectos de la siguiente serie. Dentro de este periodo, las operaciones que se realizan con la máquina parada se denominan internas y aquellas que se realizan mientras la máquina produce piezas buenas se denominan externas. Será más fácil recordarlo en términos de la siguiente ecuación:

*Tiempo de preparación = tiempo de preparación interna + tiempo de preparación externa*

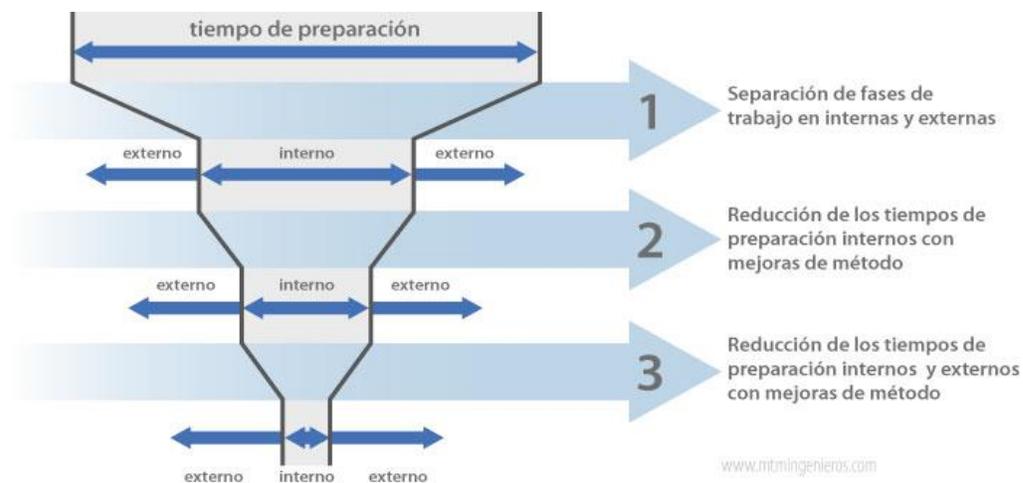


Imagen A.1 (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>, 17-nov-2017)

- **Etapa preliminar:** Creación de un equipo multidisciplinar de mejora, haciendo intervenir dentro de lo posible, a todos los departamentos implicados
  - Fabricación
  - Mantenimiento
  - Métodos y tiempos
  - Calidad

Esta etapa finaliza con la creación de los distintos sistemas de control necesarios para hacer posible el seguimiento y avance del programa.

- **1ª Etapa:** No están diferenciadas las preparaciones interna (trabajos realizados mientras la máquina está detenida) y externa (trabajos que pueden hacerse mientras la máquina está en funcionamiento).
- **2ª Etapa:** Separación de la preparación interna y externa.
- **3ª Etapa:** Convertir la preparación interna en externa.
- **4ª Etapa:** Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

Generalmente la aplicación de esta “metodología” va ligada al objetivo de reducir los stocks y mejorar el **lead-time**. Al disminuir el tiempo necesario para realizar un cambio de modelo, mejora nuestra capacidad de realizar más cambios de modelo, fabricando lotes más pequeños y planificando en consecuencia un plazo de entrega y un almacenamiento menores.

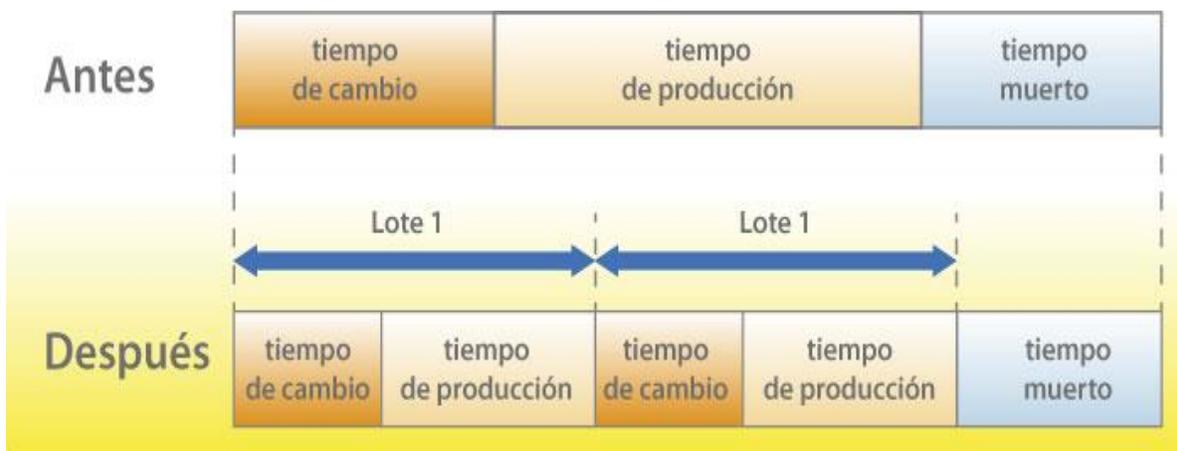


Imagen A.2(<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>,17-nov-2017)

También puede emplearse con el objetivo de aumentar la capacidad de producción, es decir, el tiempo que determinada máquina está disponible para producir.

Disminución de tiempo de cambio = Aumento de tiempo disponible para producir”

(<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>,17-nov-2017)

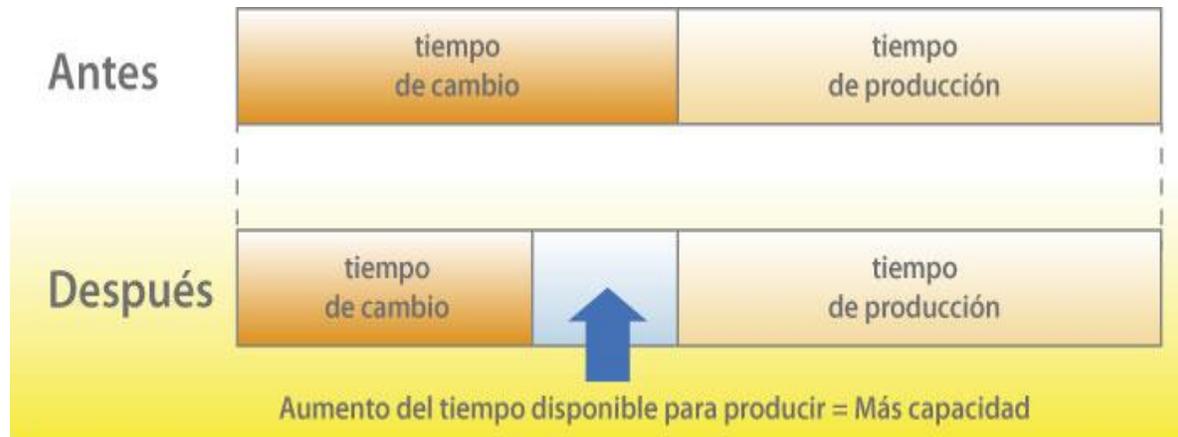


Imagen A.3 (<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>,17-nov-2017)

Para mayor información se cuenta con libros dedicados para la metodología del SMED los cuales pueden ser:

- Quick changeover for operator
- Una revolución en la producción : el sistema SMED
- Quick Changeover Simplified: The Manager's Guide to Improving Profits with SMED

## Referencias

1. Shingeo Shingo, 2003, *Revolución en la producción: el sistema SMED*, TGP. TECNOLOGIA DE GERENCIA Y PRODUCCION, S.A.
2. Angel Baguer Alcalá, 2009, *Las diez erres en la dirección de personas*, ESIC Editorial.
3. Hiroyuki Hirano, 2005, *Los Cinco Pilares de la Fábrica Visual*, Editorial TGP.
4. Jeffrey Liker, 2006, *Las claves del éxito de Toyota*, Editorial Gestión.
5. PORTER, M., 2004, *Ventaja Competitiva*, Cecsa, México.
6. Thompson, P. C. 1994. *Círculos de Calidad. Cómo hacer que funcionen*. Grupo Editorial Norma. Primera Edición, Colombia.
7. Yasuhiro Monden, 2005, *Sistema de Reducción de Costes*, Editorial TGP.
8. Hiyoshi Suzaki , 2003, *Competitividad en fabricación*, Editorial TGP.
9. <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Controladores-de-robot-Wittmann-114608.html>, 16-oct-17.
10. ENGEL, 2013, Operator manual machine duo 7050/1900 WP US.
11. <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Controladores-de-robot-Wittmann-114608.html>, 16-oct-17.
12. <http://aguascalientes.infored.com.mx/gruas-viajeras>, 17-oct-17.
13. <http://simpleproductividad.es/blog/el-metodo-smed-gestion-produccion>, 17-oct-17.
14. <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>, 17-nov-2017