

# Reducción de tiempo en cambio de modelo en la máquina 9 en el área de inyección de plásticos

Jara García, Sergio

2019

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/4509>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>



**Universidad Iberoamericana Puebla**

**Maestría en ingeniería en manufactura avanzada**

**Reducción de tiempo en cambio de modelo en la máquina**

**9 en el área de inyección de plásticos**

**Sergio Jara García**

**Otoño 2019**

## **Resumen**

En este documento se pretende demostrar el funcionamiento de una de las herramientas más famosas y poderosas de la manufactura esbelta: el SMED (cambio de referencia en una décima de minuto). El proyecto se desarrolla en una planta en la ciudad de Puebla donde en los últimos meses se han alcanzado a obtener tiempos de cambio de modelo muy altos en toda el área de inyección, lo que se pretende es trabajar sobre mejoras organizacionales en el proceso, en las cuales como su nombre lo dice, utilizando organización y trabajo estandarizado se deberá reflejar una reducción en el tiempo de aproximadamente el 70%; posteriormente se trabajará en las mejoras técnicas donde se prevé una reducción de tiempo en un 10% más. Algunas de las mejoras que se verán reflejadas no serán solamente en los tiempos, sino también en la reducción del inventario en proceso así como el aumento en la capacidad de la máquina.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>Planteamiento del problema</b>	
1.1 Antecedentes	5
1.2 Planteamiento y delimitación del problema	6
1.3 Objetivos	9
<b>Capítulo II</b>	
<b>Marco teórico</b>	
2.1 Inyección de plásticos	10
2.1.1 Características básicas en máquinas de inyección	12
2.1.2 Variables del proceso	16
2.2 Componentes de una máquina de inyección	19
2.3 Moldes de inyección	24
2.3.1 Elementos importantes de un molde de inyección	29
2.4 Muda o desperdicio	32
2.5 SMED	36
<b>Capítulo III</b>	
<b>Metodología SMED</b>	
3.1 Descripción de la metodología SMED	39

**Capítulo IV**  
**Resultados del proyecto**

**4.1 Resultados obtenidos** **46**

**Conclusiones**

**Referencias**

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Antecedentes

“To survive in cutthroat competition, industries need to reduce production time and costs in order to improve operating performance and flexibility” [1]. Para sobrevivir en la dura competencia actual, las industrias necesitan reducir el tiempo de producción así como sus costos con la finalidad de mejorar el desempeño operativo y su flexibilidad.

El señor Shigeo Shingo (1909-1990) [1], genio de la mejora continua, fue el primero en desarrollar un sistema de cambio rápido de modelo/herramienta comenzando con sencillos y pequeños experimentos en la empresa Mitsubishi, sin embargo la explosión de la herramienta se dio hasta el lanzamiento en la empresa Toyota cuando generó una reducción de tiempo en una prensa de moldeo con capacidad de 1000 toneladas de 4 horas a 1.5 horas [2].

Proyectos después llegó a reducir el tiempo de cambio de modelo de una inyectora de plástico de una capacidad de 150 toneladas de 1.5 horas a solo 9 minutos [2]. Es, de este proyecto en especial, que la herramienta toma el nombre (por sus siglas en inglés) de la frase: “Single Minute Exchange of Die” (SMED) o lo que se traduce a “cambio de herramental en una unidad de minuto” es decir no tardar arriba de 10 minutos en un cambio de modelo.

Como “casi” todo el pensamiento “lean” actual, el sistema SMED es también parte de lo que muchos consideran una revolución industrial más, liderada y creada por el monstruo Toyota.

Esta herramienta es altamente efectiva ya que ayuda a eliminar una gran cantidad de desperdicios (desperdicio / muda = cualquier actividad y/o recurso que no agrega valor al producto y por el cual el cliente no paga [3]) como lo son: movimientos innecesarios, inventarios, esperas, sobre producción, transportes entre otros.

En la empresa en la cual colaboro existe a nivel general una gran deficiencia en cuanto a los tiempos de cambio de molde / herramental no solo en el área de inyección de plásticos sino también en maquinados (donde tienen un promedio alrededor de 4 horas) y en ensamble (con un promedio alrededor de 30 minutos).

## **1.2 Planteamiento y delimitación del problema**

El área de inyección de plásticos de la empresa antes mencionada es una de las áreas más importantes y críticas debido a que representa el 60% de la producción (interna y externa). El material inyectado considerado como producción interna va para el 80% de las áreas de pre-ensamble y ensamble final.

Esta área de inyección presenta (incluso desde hace tiempo atrás) un problema en los cambios de molde/modelo debido a que la capacidad actual del “equipo de trabajo SMED” es sobrepasada; de igual forma los procedimientos actuales y herramientas utilizadas son un área de oportunidad donde se podría mejorar bastante ya que la descripción de cambio de modelo actual es un documento que solamente se transcribió del inglés al español debido a la transferencia (de nuestra planta hermana en Auburn Hills, Estados Unidos) de proyectos que sufrimos en el año 2016, hasta la fecha la descripción de cambio continúa igual, sin que se le haya realizado una mejora, además el equipo nunca fue entrenado en ella, ni evaluado bajo alguna metodología como por ejemplo la **EDAC (“Explain”: Explicar; “Demonstrate”: Demostrar; “Ask to do”: Pedir que se haga; “Confirm”: Confirmar)** por lo que el cambio actual no se encuentra estandarizado bajo ninguna circunstancia; en cuanto a las herramientas que se utilizan para el cambio mecánico, existen algunas que se encuentran dañadas e incluso que no son utilizadas correctamente por lo que se trabajará en

conjunto con el departamento de seguridad e ingeniería industrial para definir cuáles son las herramientas necesarias para poder llevar a cabo de forma segura y eficiente un cambio de molde.

La empresa cuenta actualmente con 11 máquinas de inyección de plásticos de diferente tonelaje, sobre las cuales se espera que, al aplicar inicialmente de la mejor forma posible la metodología SMED en la máquina escogida como piloto (inyectora 9) y posteriormente personalizando (y detallando) de forma estándar para cada máquina tanto su instrucción, como las herramientas, se pueda hacer una mejora de forma general en toda el área de inyección y poder así reducir los tiempos en todo tipo de cambio de molde. Sin embargo, como se menciona arriba el proyecto se enfocará solamente en la inyectora 9 de momento.

En esta etapa es importante mencionar que la inyectora 9 aparte de ser la máquina que más pérdidas de eficiencia respecto al cambio de modelo tiene dentro del área de inyección de plásticos (casi 5 horas promedio por cambio de modelo), también es la inyectora que produce piezas de mayor costo, requiere mayor calidad y tiene de los tiempos de ciclo más altos por lo que el hecho de que tenga ese número de horas para un cambio de modelo no hace que el proceso sea flexible, ni mucho menos eficiente.

A continuación, se presenta una gráfica del estado actual de los tiempos de cambio de modelo en la inyectora 9 vs las demás inyectoras y también un histórico de todos los cambios de modelo solo en esta inyectora:



### SMED INYECCIÓN

	INY 1		INY 3		INY 4		INY 5		INY 6		INY 9		INY 10		INY 11	
	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.	HRS.	# VERS.
TOTAL	99.68	33	176.95	42	171.84	38	150.13	32	68.64	23	188	38	31.09	12	6.59	13
PIEZAS OK	216,404		163,436		277,112		65,797		106,838		63,649		53,702		30,000	975,938
% PIEZAS	22.17%		16.76%		28.39%		6.74%		10.84%		6.52%		5.50%		3.07%	100%
TIEMPO PROMEDIO SMED	3.02		4.21		4.52		4.69		2.98		4.95		2.59		0.51	

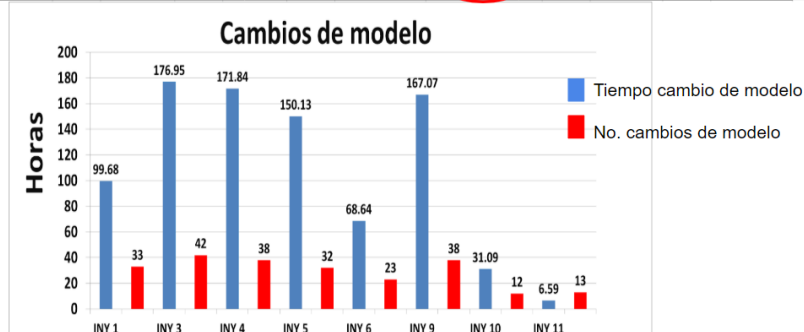


Figura 1. Gráfico de cambios de modelo por inyectora desde Julio hasta Diciembre de 2018.

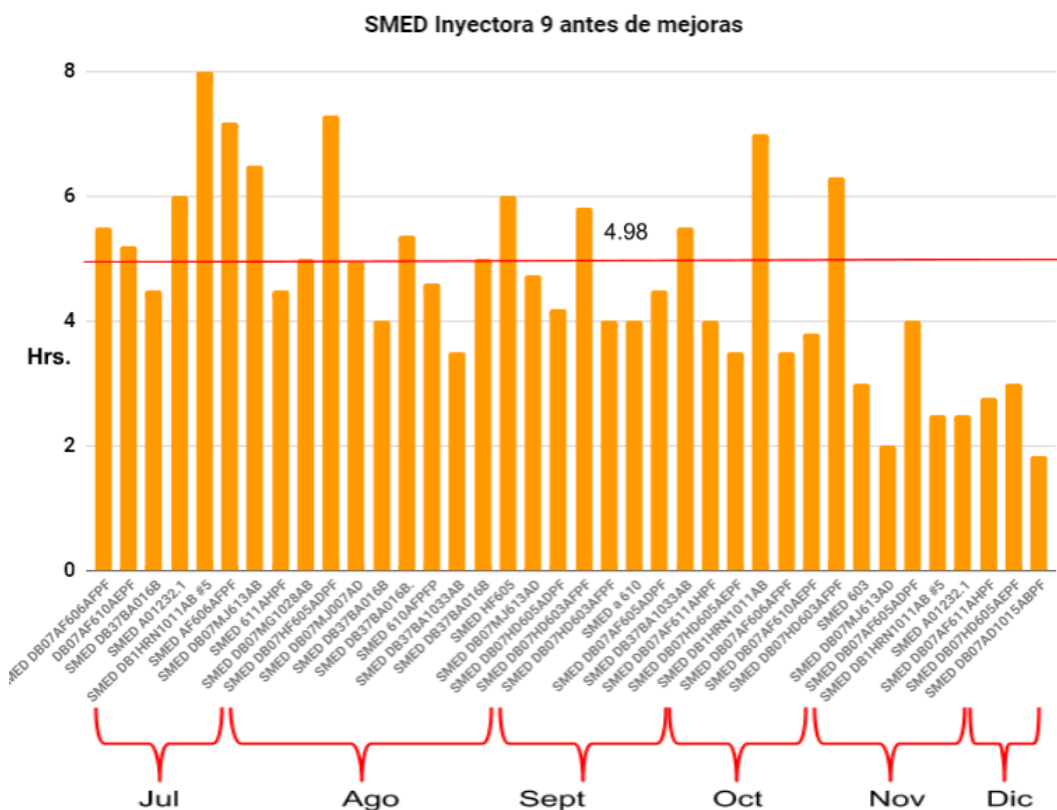


Figura 2. Gráfico de cambios de modelo en inyectora 9 realizados de Julio a Diciembre de 2018.

### **1.3 Objetivo general**

Reducir el tiempo de cambio de modelo en la inyectora 9 mediante la metodología SMED para aumentar la flexibilidad de la máquina.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Entrenar en la metodología SMED a todo el personal del área de inyección por medio de la capacitación estándar para trabajar todos con los mismos conocimientos.
- Clasificar los moldes de acuerdo a la familia de producto para hacer el análisis de los tiempos más fácilmente.
- Analizar los tiempos de cambio en la junta semanal de seguimiento del taller para proponer mejoras organizacionales y técnicas.
- Implementar las mejoras técnicas en la inyectora/moldes con el soporte de mantenimiento e ingeniería industrial para reducir aún más el tiempo de cambio de modelo.
- Entrenar al “Equipo SMED” conforme a los nuevos procedimientos mediante la metodología EDAC para asegurar el entendimiento de las mejoras organizacionales y técnicas.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Inyección de plástico

El proceso de inyección como tal trata sobre la fundición un material plástico que por medio de ciertas condiciones y variables se llega a fundir y se transporta a presión a través de los diferentes canales de un molde, los cuales siempre se encuentran a una temperatura mucho menor que el plástico que se transporta y los cuales van moviendo el material hasta llenar el núcleo del molde, el cual también se encuentra con unas paredes a baja temperatura y donde se logra finalmente una transformación de líquido a sólido del polímero, posteriormente se debe de ir enfriando hasta alcanzar una temperatura donde las piezas se puedan extraer del molde sin que estas se deformen o presenten algún defecto.

Cabe mencionar que las máquinas de inyección han experimentado un desarrollo acelerado en los últimos años y este se ha influenciado no solo por la necesidad que existe al tener una gran variedad de materiales de materia prima, sino también por el crecimiento exponencial en la demanda de artículos de plástico en todos los sectores, desde empresas ferroviarias, las aeronáuticas y hasta las alimenticias. Es muy importante puntualizar que el proceso es bastante complejo debido a las variables que existen en él y aunque ya existen muchos proyectos e investigaciones que han soportado bastante las bases y la mejora de esta técnica, el proceso en sí continúa siendo un mundo entero no descubierto al 100%.

La inyección de plásticos es uno de los métodos de transformación más importantes de toda la industria de los plásticos, por sus características en cuanto a costos, pues de hecho podemos visualizar que las inyectoras modernas son un ejemplo de la creación de máquinas ideadas y fabricadas específicamente para la producción masiva de piezas.

Normalmente el proceso de inyección se divide en dos fases: la primera involucra la fusión del material (pasar de un estado sólido a líquido) mientras que en la segunda se realiza la inyección de este material en el molde. La manera o la forma en la que se hacen estas dos tareas o fases es lo que puede llegar a distinguir a una máquina de otras. [4]

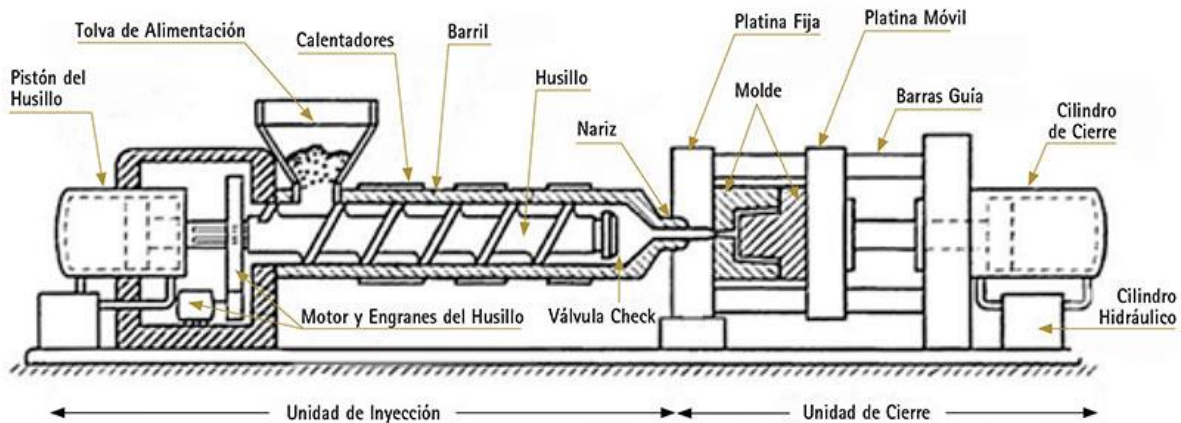


Figura 3. Ejemplo de una típica máquina de inyección por pistón. (Mariano, 2011, p.43)

En un ciclo de inyección de una máquina convencional se consideran claves las siguientes actividades:

**Tiempo de cierre del molde:** es el tiempo en el cual actúa el sistema de cierre de la máquina y se hace el movimiento necesario para cerrar el molde.

**Tiempo de avance de la unidad de inyección:** es el tiempo durante el cual la unidad de inyección, que inicialmente se encuentra separada del molde, avanza hasta que la boquilla se coloca sobre el bebedero del molde.

**Tiempo de llenado o de inyección:** es el tiempo en el cual el pistón o husillo avanza realizando la inyección del material. En este tiempo el molde se va llenando con el polímero, es probable que aquí el tiempo dependerá del material utilizado (densidad), de la temperatura, de la velocidad de avance del husillo, del tamaño del molde y de los canales que ponen en comunicación el molde con el cilindro de inyección. [4]

**Tiempo de compactación (o tiempo de moldeo):** es el tiempo durante el cual el molde permanece cerrado y el plástico comienza a reducir su temperatura en el molde. Normalmente cuando el material comienza a enfriarse sus partículas comienzan con un

proceso de contracción, por lo que para mantener la presión en el molde durante este periodo se suele introducir lentamente algo más de material dentro de la cavidad de moldeo, lo que compensa a esta contracción. Este periodo puede variar entre unos segundos y varios minutos. El peso final de la pieza, su estabilidad dimensional y las tensiones internas del material dependen mucho de cómo se realice esta etapa, que finaliza en el momento en el que el material que ocupa la entrada del molde se solidifica, de modo que ya no es necesario mantener la unidad de inyección en posición avanzada para seguir manteniendo la presión. [4]

**Tiempo de retroceso de la unidad de inyección:** es cuando el material en la entrada a la cavidad solidifica por lo tanto la unidad de inyección comienza a retroceder y se inicia un movimiento rotatorio del husillo para plastificar el material y poder pasar a la siguiente etapa, a su vez también continúa trabajando con la fase de enfriamiento, apertura del molde y extracción de la pieza y acelerando así el tiempo total de ciclo, si esto no ocurriera el tiempo ciclo total del proceso podría volverse bastante tardado.

**Tiempo de enfriamiento:** este tiempo es necesario para enfriar la pieza que ocupa las cavidades del molde. Casi siempre se toma este tiempo desde que acaba la etapa de compactación hasta que se abre el molde, sin embargo realmente el enfriamiento del material comienza tan pronto como el polímero toca las paredes frías del molde y finaliza cuando la pieza se extrae, por lo que el enfriamiento tiene lugar también durante las etapas de llenado y compactación.

**Tiempo de apertura del molde:** es el tiempo durante el cual el molde es abierto. Este tiempo normalmente no varía entre las máquinas.

**Tiempo de extracción de la pieza:** este tiempo es el cual se sacan las piezas moldeadas de las cavidades de moldeo.

### 2.1.1 Características básicas en máquinas de inyección

**Capacidad de inyección:** se entiende por capacidad de inyección la cantidad máxima de material que una máquina es capaz de inyectar en un ciclo a un molde y con una presión determinada.

En ocasiones se indica (de acuerdo al fabricante) la capacidad de inyección como el peso máximo, expresado en gramos, que puede inyectar la máquina en un solo ciclo, supuesto que no se ha colocado ningún molde o que éste ofrece muy poca resistencia a la entrada del polímero. En ocasiones también se expresa la capacidad de inyección de la máquina como el volumen barrido por el husillo de inyección en su recorrido hacia adelante, lo que resulta menos ambiguo que referirse a un tipo en específico de material. [5]

En una situación real la capacidad de inyección viene determinada por el diámetro y la carrera del pistón o husillo de inyección, así como por el tipo de molde utilizado, la temperatura que alcanza el material fundido, la presión a que se inyecta y otras variables. Cuando se emplea un molde que es difícil de llenar, la capacidad real de inyección de la máquina es siempre algo menor que la indicada por el fabricante.

La unidad de inyección suele escogerse de forma que sea capaz de contener material suficiente para dos ciclos. En otras palabras el 50% de la capacidad de inyección de un cilindro debería vaciarse en cada ciclo. Por otra parte, la cantidad de material introducida en el molde nunca debería ser inferior al 20% ni superior al 80% de la capacidad del cilindro, esto debido a que es necesario que el tiempo de permanencia del material en la cámara de plastificación no sea excesivamente largo para evitar que el material se comience a degradar, ni excesivamente corto para evitar que no se encuentre plastificado.

**Capacidad de plastificación:** la capacidad de plastificación es otro dato muy importante para evaluar las posibilidades que tiene una máquina de inyección, sin embargo no es fácil expresar numéricamente este concepto. Se puede definir, aunque ambigualmente, como la cantidad máxima de material que la máquina es capaz de plastificar por unidad de tiempo. Para comprender mejor la definición es importante mencionar que por “plastificar” un plástico se refiere al elevar tanto su temperatura lo suficiente como para que alcance un estado en el cual pueda ser inyectado; la capacidad de plastificación dependerá de la eficacia de calefacción de la cámara de plastificación y de las propiedades térmicas del polímero que se calienta.

**Presión de inyección:** La presión de inyección es una de las características más importantes dentro del mundo de la inyección de plásticos. Dentro de esta característica existen otros factores los cuales vuelven a la presión un aspecto difícil de controlar, como lo es:

- Resistencia al flujo del material
- Velocidad de llenado
- Temperatura del aceite hidráulico
- Temperatura del material
- Temperatura del molde.

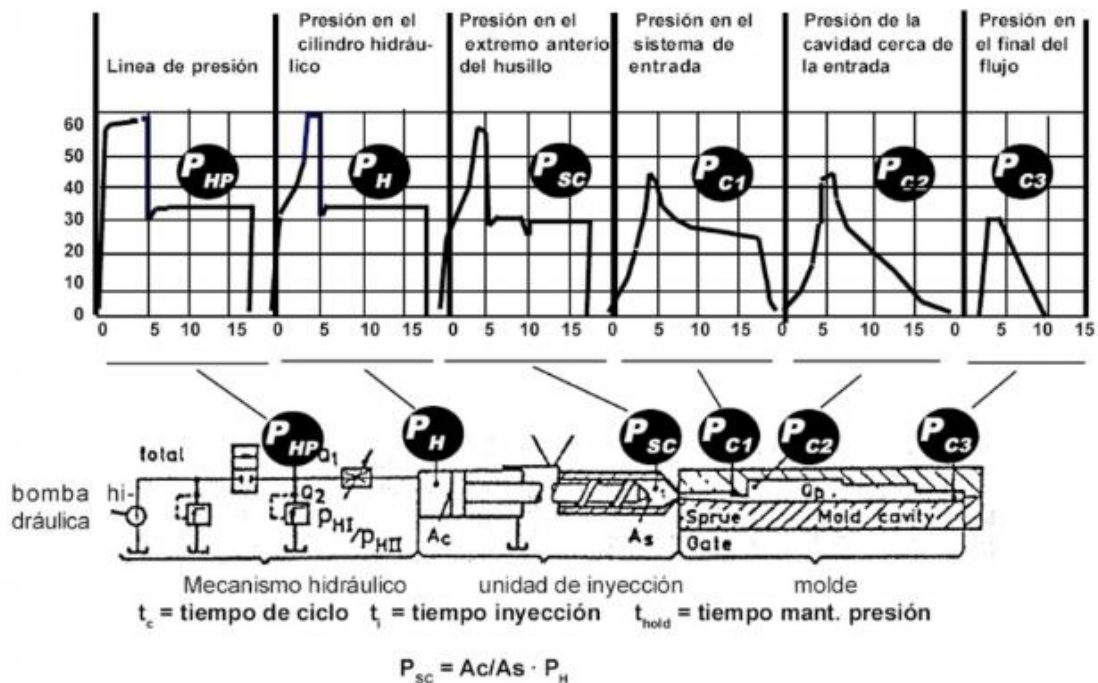


Figura 4. Pérdida de presión a través de los distintos puntos del proceso. (Sam, 2010, p. 49)

La presión durante el proceso de inyección puede llegar a presentar varios cambios, ya que la presión se va perdiendo debido a distintos factores como por ejemplo caídas de presión por circuitos hidráulicos, neumáticos, etc. [4]

Físicamente la presión se refiere a la medida en la cara delantera "AS" del pistón de inyección o husillo. Como el husillo está actuado por un pistón hidráulico, la fuerza en

ambas caras refiérase como "Cara AC" y "Cara AS" será la misma y "PH" es la presión de la línea hidráulica y "Psc" la presión de inyección que se obtendrá.

$$P_{sc} = PH (AC/AS)$$

La presión "PH" en la línea puede leerse en un manómetro y la relación de superficies entre las caras de los pistones (AC/AS) es una característica de construcción de la máquina que debe conocerse. Las máquinas convencionales se construyen con relaciones entre 8 y 9 generalmente. Esta presión de inyección Psc no es la misma que la máxima presión que se desarrolla en las cavidades de moldeo, la cual es bastante menor y puede tener valores solamente del 20% de la presión de inyección y aún menores, dependiendo de las características del molde, de las condiciones de moldeo y del polímero utilizado. [5]

**Velocidad de inyección:** la velocidad de inyección es el caudal de material que sale de la máquina durante el periodo de inyección; se expresa generalmente en  $\text{cm}^3 / \text{s}$  y es una medida de la rapidez con que puede llenarse un molde dado. La velocidad de inyección viene principalmente determinada por la velocidad de avance del pistón o husillo.

También se puede expresar como el número de veces por unidad de tiempo que el tornillo puede efectuar su recorrido completo de ida y vuelta cuando la máquina funciona en vacío, es decir, sin molde y sin material de moldeo.

Naturalmente, esta característica de la máquina sólo depende de las demás características con que ha sido construida y en especial del tipo de sistema hidráulico utilizado.

En una situación real de trabajo (con material y molde en la máquina), la velocidad de inyección del material en el molde dependerá de otros factores como la presión de inyección, la temperatura de la cámara de calefacción, las características del material utilizado y el camino que debe recorrer el polímero fundido hasta llegar a las cavidades de moldeo, principalmente.

**Fuerza de cierre:** la fuerza de cierre es aquella que mantiene unidas las dos mitades del molde mientras en la cavidad de moldeo se desarrolla la máxima presión como consecuencia del llenado. La presión en la cavidad de moldeo es mucho menor que la presión de inyección, si bien se desarrolla una fuerza que tiende a separar las dos mitades



del molde y que viene dada por el producto de la presión en la cavidad de moldeo por el área proyectada de ésta.

Esta fuerza la cual se aplica internamente en el molde puede ser muy grande y necesita ser contrarrestada por una fuerza de cierre que en todo momento sea superior a ella para asegurar así que el molde se mantiene cerrado durante la inyección. Cuanto más grande es la fuerza disponible para mantener cerrado el molde, mayor es el área transversal de la pieza que puede moldearse. Las máquinas de inyección convencionales empleadas hoy en día son capaces de desarrollar fuerzas de cierre de más de 1000 toneladas.

### **2.1.2 Variables que intervienen en el proceso.**

Varios libros han identificado que en un proceso de inyección de plásticos pueden participar directa o indirectamente alrededor de 200 variables diferentes. Sin embargo para simplificarlas, estas variables se pueden clasificar en 4 categorías; temperatura, presión, tiempo y distancia. La cuestión es que estas variables no son independientes y un cambio en una de ellas afectará a las otras.

**Temperatura de inyección:** es la temperatura a la cual se calienta el material para introducirlo en el interior del molde. La temperatura del material aumenta gradualmente desde que entra por la tolva hasta que se encuentra preparado para ser inyectado. Esta temperatura está en función del tipo de material y no debe ser superior a la temperatura a la que el material comienza a descomponerse, pero si debe ser suficientemente elevada para permitir que el material fluya correctamente.

**Temperatura del molde:** es la temperatura a la cual se encuentra la superficie de la(s) cavidad(es) del molde y esta debe ser lo suficientemente baja para enfriar el material fundido y conseguir que se solidifique. Esta temperatura varía a lo largo del molde y depende de varios parámetros (temperatura del fluido refrigerante, temperatura del material, características térmicas del molde, etc.), pero para efectos prácticos se evalúa como el valor medio a lo largo de toda la cavidad. La velocidad a la que se enfría el plástico es un factor

muy importante puesto que va a condicionar la morfología del material y por tanto sus propiedades físicas, mecánicas, ópticas, etc.

**Presión inicial o de llenado:** es la presión que se aplica inicialmente al material fundido y que se desarrolla como consecuencia del movimiento hacia adelante del tornillo. Esta presión obliga a que el material fundido fluya hacia adelante, produciendo el llenado inicial del molde. En una situación ideal la presión inicial debe ser lo más grande que se pueda, de modo que el llenado se produzca lo más rápidamente posible.

**Presión de mantenimiento o compactación (holding pressure):** es la presión que se aplica al final de la inyección del material, cuando el molde se encuentra casi completamente lleno. Se llama presión de mantenimiento o compactación, puesto que es la presión que se aplica durante la etapa en que se compacta el material, es decir cuando algunas partes del material han comenzado a enfriarse y contraerse, esto obliga a que el molde se acabe de llenar y se obtenga una pieza con una densidad uniforme.

**Presión posterior o de retroceso (back pressure):** es la presión que se aplica al tornillo mientras retrocede cuando ha finalizado la etapa de compactación. Una vez que el molde está completamente lleno el tornillo comienza a girar para plastificar más material para el siguiente ciclo. Este material comienza a alojarse delante del tornillo, obligando a que el tornillo retroceda, sin embargo no se permite que el tornillo retroceda libremente si no que se aplica una cierta presión posterior para conseguir que el material se mezcle y homogenice adecuadamente.

**Tiempo de inyección inicial:** el tiempo necesario para realizar la inyección depende de numerosos factores, como el del tipo de material que se está inyectando, viscosidad, las características del molde y el porcentaje de la capacidad de inyección que se está empleando. En la mayoría de las máquinas el tiempo de inyección se divide en dos: el tiempo de inyección inicial y el tiempo de mantenimiento. El tiempo de inyección inicial es el tiempo necesario para que el tornillo realice el recorrido hacia adelante, obligando a que el material se introduzca dentro del molde. Normalmente este tiempo no es superior a 2 segundos y rara vez excede los 3 segundos. [5]

**Tiempo de mantenimiento o compactación:** el tiempo de mantenimiento o tiempo de compactación es el tiempo el cual comienza después de realizar la inyección inicial del material ya que el tornillo permanece en posición avanzada para mantener la presión del material dentro del molde. Este tiempo se prolonga hasta que la entrada a la cavidad de moldeo solidifica y es a partir de ese instante que la cavidad de moldeo queda aislada del resto del sistema mientras continúa enfriándose por lo que prolongar el tiempo que el pistón permanece en posición avanzada no tendría sentido. Para una pieza de 1.5 mm de espesor el tiempo de mantenimiento no suele exceder de 6 segundos. [4]

**Tiempo de enfriamiento:** es una de las variables más importantes para conseguir una pieza de buena calidad. Es el tiempo que la pieza requiere para enfriarse hasta que ha solidificado y además ha adquirido la rigidez suficiente para poder ser extraída del molde sin que se deforme. Las partes más externas de las piezas se enfrían a velocidad más rápidas. El tiempo de enfriamiento debe ser suficiente para que un espesor considerable de la pieza (al menos el 95% de la pieza) se encuentre frío para evitar que la pieza se deforme. Lógicamente cuanto mayor sea el espesor de la pieza que se está moldeando mayor será el tiempo de enfriamiento requerido. Como media una pieza de 1.5 mm de espesor requiere de 9 a 12 segundos para solidificar y adquirir suficiente resistencia para poder ser extraída del molde sin deformaciones.

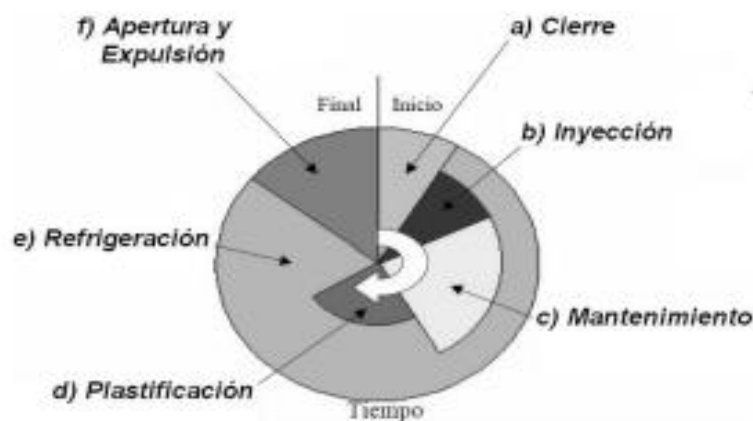


Figura 5. Etapas de un ciclo de inyección. (Dave, 2012, P. 16)

## 2.2 Componentes de una máquina de inyección.

Considerando todo lo comentado anteriormente, la máquina de inyección convencional puede considerarse constituida por dos unidades fundamentales; el sistema de cierre y la unidad de inyección. Cuando se proyecta y construye una máquina, estas unidades pueden acoplarse de varias formas. En particular la manera de disponer la unidad de inyección y el sistema de cierre permite distinguir entre máquinas con sistema de inyección vertical u horizontal, y según la dirección en que actúa la fuerza que mantiene cerradas las dos mitades del molde, se distingue entre máquinas de cierre vertical y horizontal.

El hecho de considerar independientes las unidades de cierre y de inyección permite la construcción de máquinas "a medida", de acuerdo con las características de la pieza que se desea moldear. De esta forma se aprovechan al máximo las posibilidades de ambas unidades y convierte el proceso tanto desde el punto de vista de los costes de operación como desde el punto de vista de inversión en equipo: más barato. Esto es particularmente interesante, por ejemplo, en el caso de que se desee moldear piezas de gran sección transversal y pared delgada, por ejemplo bandejas, que pesan relativamente poco pero que requieren grandes fuerzas de cierre. También puede presentarse el caso inverso, cuando se pretenda moldear piezas muy compactas, con espesores de pared gruesos y sección transversal pequeña, en las cuales se requiere de una máquina con elevada capacidad de inyección, pero no es necesaria una fuerza de cierre elevada. [4]

**Unidad de inyección:** la unidad de inyección consta de un sistema de alimentación (normalmente conocido como tolva) y del sistema de cilindro-tornillo, todos ellos de características muy similares a los de las máquinas de extrusión. Sin embargo en el proceso de extrusión el material sale de la máquina por la boquilla, que tiene un diseño condicionado por la geometría de la pieza, mientras que en el proceso de inyección el diseño de esa parte de la máquina (tobera) se realiza teniendo en cuenta exclusivamente las características térmicas y de flujo del material. Otra diferencia clara con las máquinas de extrusión reside en el movimiento hacia adelante que realizan los tornillos de las máquinas de inyección. Para evitar el retroceso del material durante la inyección estas máquinas están dotadas de válvulas de no retorno o sistemas que impiden el retorno del material a la unidad de inyección.

**Válvulas de no retorno:** las válvulas de no retorno de tipo anillo son las más utilizadas, y están constituidas por un anillo que debe deslizarse sobre el cilindro con muy poca holgura sobre éste. Mientras el tornillo gira la válvula se encuentra abierta y el material que está siendo plastificado fluye a través del espacio entre el extremo del tornillo y el anillo. Cuando el tornillo realiza su movimiento hacia adelante para inyectar el material en el molde, la válvula se cierra, de modo que el tornillo queda apoyado sobre el asiento del anillo, lo que impide el retroceso de material.

Este tipo de válvulas sufre un gran desgaste por lo que deben reemplazarse con frecuencia y aumentan las pérdidas de presión en la cámara de plastificación. Además pueden crear zonas donde el material pudiera quedar estancado, por lo que en el caso de emplear materiales muy sensibles térmicamente se suele evitar el empleo de estos mecanismos, para no provocar la degradación del material. Hay otros tipos de mecanismos de no retorno que se utilizan frecuentemente, como las válvulas de asiento de bola, aunque actualmente aparecen de forma continua en el mercado nuevos tipos de sistemas de no-retorno.

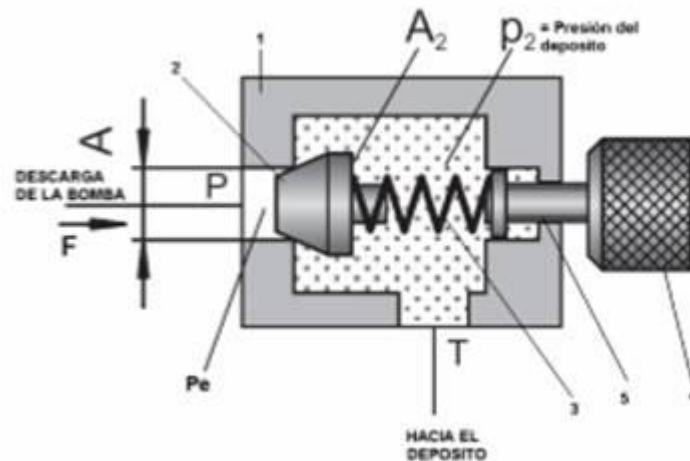
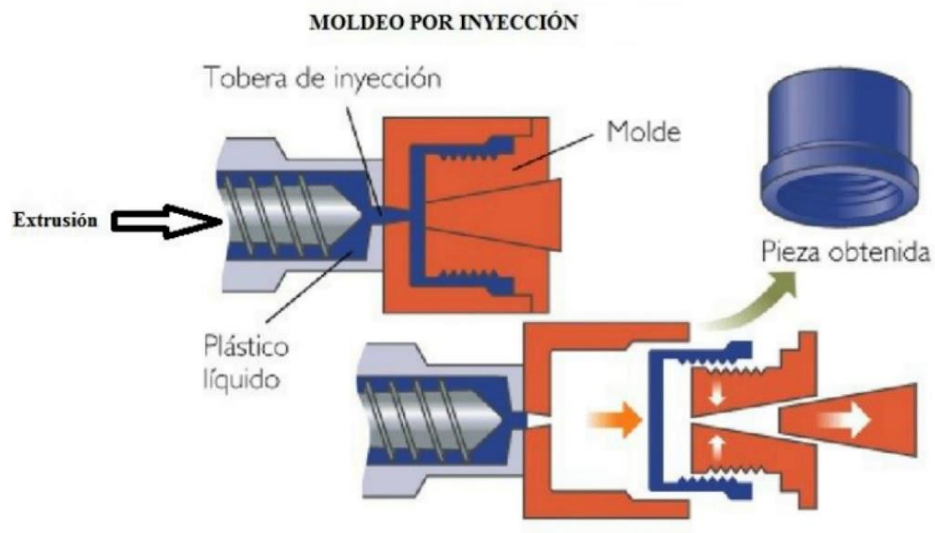


Figura 6. Ejemplo de válvula de no retorno. (Dave, 2012, P. 29)

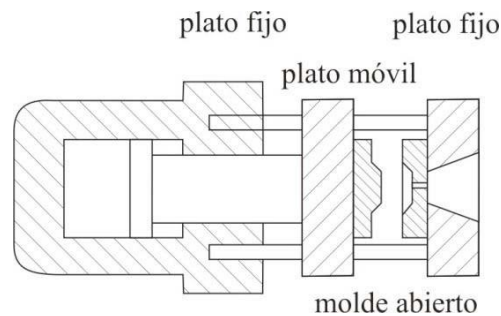
**La tobera:** la tobera o nariz es la pieza situada en el extremo del cilindro de inyección y que da salida al material fundido hacia los canales del molde. El diseño de la tobera depende mucho del tipo de material con que se trabaje y del diseño del molde, generalmente el diámetro del taladro suele oscilar entre 3 mm y 8 mm dependiendo del peso de la pieza inyectada. La tobera debe poder intercambiarse con facilidad, para poder utilizar la más adecuada dependiendo del tipo de polímero y de las piezas moldeadas. Debe, también, mantener correctamente la temperatura del polímero y evitar el goteo de material lo cual impediría un buen asiento entre tobera y bebedero (la zona del molde sobre la que se apoya la tobera se conoce como bebedero) y por supuesto debe tener un diseño que evite caídas de presión innecesarias. [5]



*Figura 7.* Ejemplo de tobera. (Alberto, 2016, p. 9)

**La unidad de cierre:** un cierre perfecto del molde tiene una gran importancia sobre la calidad de la pieza moldeada y puede hacer actividades innecesarias que te llevan a operaciones secundarias de eliminación de rebabas de los artículos producidos lo cual es un desperdicio. Al escoger las condiciones del proceso debe darse la debida consideración a la fuerza de cierre que, como ya lo comentamos, debe ser superior a la fuerza de apertura.

Los sistemas de cierre constan generalmente de dos platos o placas fijas unidas por unas robustas columnas de alineación, generalmente cuatro. Entre los dos platos fijos hay uno móvil que desliza por las columnas de alineación. A un lado de un plato fijo va situada la unidad de inyección y al otro lado del otro plato fijo va situada la unidad de cierre, que desplaza al plato móvil. El molde se coloca entre el plato móvil y el plato fijo situado al lado de la unidad de inyección.



*Figura 8.* Ejemplo unidad de cierre. (Alberto, 2012, P. 23)

**Esquema de sistema de cierre hidráulico:** la acción de cierre requiere la máxima eficacia y la máxima rapidez. Conviene que se haga lo más rápidamente posible (50 metros/minuto) hasta un instante antes de que se toquen las dos mitades del molde y que después el movimiento sea más lento aplicando la máxima fuerza de cierre (que puede llegar hasta las 10000 toneladas). Suelen distinguirse tres tipos básicos de sistemas de cierre: sistemas mecánicos, sistemas mecánico-hidráulicos y sistemas hidráulicos.

**Sistemas mecánicos:** estos sistemas emplean una acción mecánica para el cierre del molde y se encuentran en las pequeñas máquinas experimentales de laboratorio. El sistema, en su forma más sencilla, puede consistir en una palanca o manubrio. Las ventajas de los sistemas totalmente mecánicos están en su sencillez y bajo coste, a su vez consiguen fuerzas de cierre moderadas y velocidades bajas. [5]

**Sistemas hidráulicos:** el pistón hidráulico directo es el sistema de cierre hidráulico más sencillo y el primero que se utilizó. La principal ventaja que ofrece es la elevada fuerza de

cierre que puede desarrollar, que es constante en toda la carrera del pistón de cierre. Estos sistemas de cierre pueden llegar a desarrollar movimientos muy rápidos (50 m/min), aunque el coste para conseguirlo resulta muy elevado. La situación general que plantea un sistema de cierre hidráulico de cualquier tipo es que para mantener un tamaño razonablemente pequeño del pistón de cierre consiguiendo una fuerza de cierre adecuada, es necesario aumentar la presión del fluido, para esto lo que las pérdidas de fluido hidráulico y la deformación de tuberías y accesorios llegan a constituir se vuelve un serio problema. Las máquinas más modernas utilizan, para los movimientos rápidos de avance y retroceso del pistón principal, otros pistones auxiliares que son de pequeño diámetro y van situados paralelamente al pistón principal o incluidos centralmente en él. La fuerza total de cierre la da el pistón principal mientras que los pistones auxiliares sólo sirven para conseguir movimientos más rápidos del sistema.

Entre las principales ventajas de los sistemas hidráulicos de cierre se encuentra que la fuerza de cierre puede ser monitorizada y cambiada en cualquier momento durante el ciclo y lo mismo ocurre con la velocidad a la que se mueve el pistón a lo largo de su recorrido.

**Sistemas mecánico-hidráulicos:** las máquinas con sistema de cierre híbrido mecánico-hidráulico están basadas en el uso de rodilleras actuadas por un sistema hidráulico. Estos sistemas de cierre son muy empleados en máquinas de pequeño y mediano tamaño.

Las ventajas de los sistemas de rodilleras se encuentran en la acción positiva de cierre de las rodilleras, así como en la mayor velocidad de cierre empleando un pistón más pequeño, ya que las rodilleras son sistemas multiplicadores de fuerza. Además, la fuerza relativamente grande que se desarrolla al final de la carrera de cierre va acompañada de una reducción de velocidad del mismo orden, lo que es muy conveniente para evitar golpes cuando se cierra el molde. Cuando el molde está abierto las rodilleras se encuentran formando una “V”, cuando se aplica presión el eje que conecta las dos rodilleras obliga a éstas a mantenerse en línea recta. La fuerza necesaria para mantener las rodilleras rectas la proporciona un pistón hidráulico y cuando este comienza a avanzar el plato móvil se mueve en principio lentamente, alcanzando la velocidad máxima a mitad del recorrido. Cuando las rodilleras están casi extendidas, la velocidad obviamente vuelve a decrecer.



### 2.3 Moldes de inyección

Se define al molde de inyección como el conjunto de piezas acopladas provista de cavidades para alojar un material plástico o metálico fundido; por medio de una máquina inyectora para darle forma determinada, enfriarlo y extraerlo una vez solidificado. [6]

En la siguiente imagen podemos ver de forma “microscópica” como está compuesto un molde:

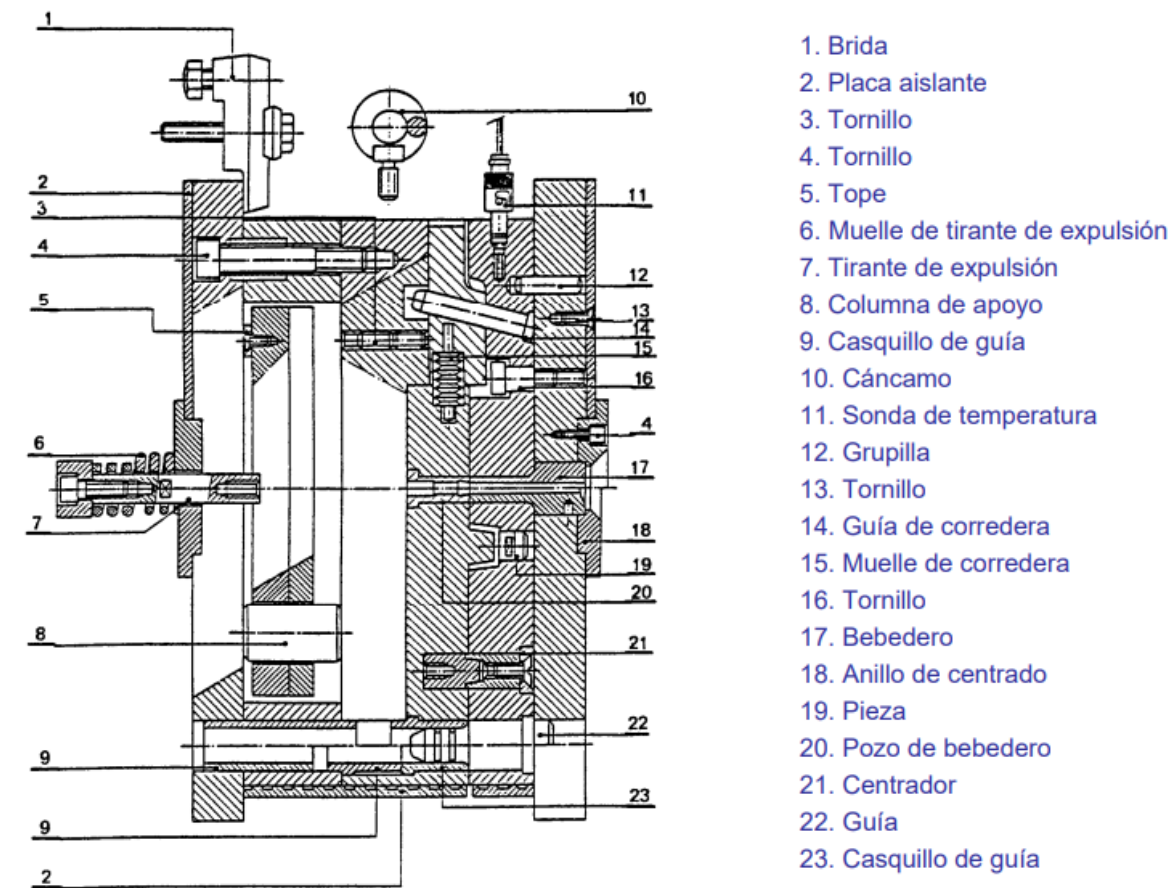


Figura 9. Partes de un molde. (Alejandro, 2008, p. 201)

**Clasificación de los moldes de inyección:** la complejidad en el diseño de un molde dependerá directamente de la complejidad de la pieza a moldear, de la cantidad que se desea moldear en un solo ciclo, del sistema de expulsión de la pieza etc. En las siguientes tablas se pueden observar las diferentes versiones para el diseño de un molde dependiendo los puntos anteriores.

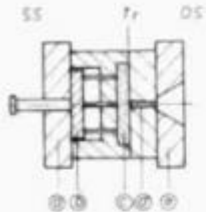
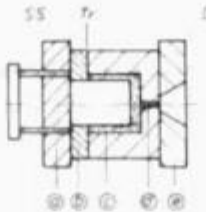
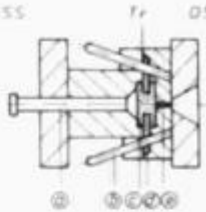


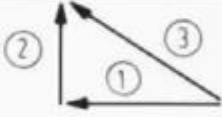
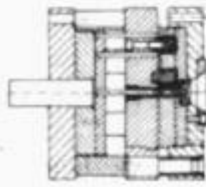
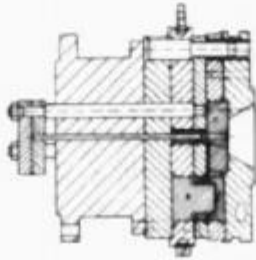
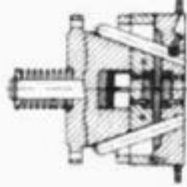
Molde Estándar	Molde con Placa de Desmontaje	Molde con Accion Lateral	
			Diagrama esquemático
<p>a: Placa de cierre SS b: Sistema de expulsión c: Orificio de colada d: Placa de cierre DS</p>	<p>a: Placa de cierre SS b: Placa de desmontaje o expulsión c: Orificio de colada d: Placa de cierre DS</p>	<p>a: Sistema de expulsión b: Perno leva c: Cavidad d: Acciones laterales e: Orificio de colada</p>	Componentes principales
<p>Diseño mas sencillo Placa de cavidad y de corazón. Una línea de partición Apertura en una dirección Demolde por gravedad o pernos expulsores.</p>	<p>Diseño similar al estándar pero con placa de desmontaje para expulsión</p>	<p>Diseño similar al estándar pero con acciones laterales y pernos leva para movimiento lateral adicional</p>	Características
<p>Para cualquier tipo de moldeo sin ranuras</p>	<p>Para moldeo de piezas en forma de taza sin ranuras</p>	<p>Para piezas con ranuras y cuerdas externas</p>	Moldeos
			Trayecto de apertura
			Ejemplo

Figura 10. Clasificación de moldes: parte 1. (Alejandro, 2008, p. 305)

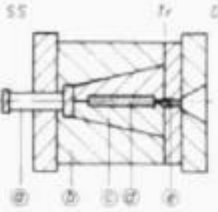
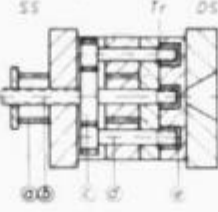
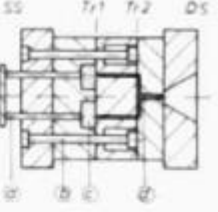
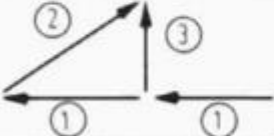
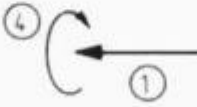

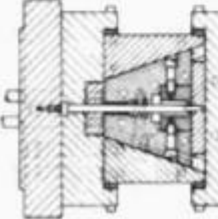
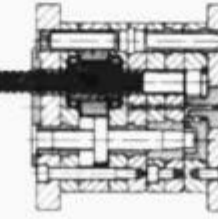
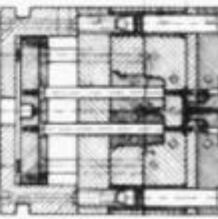
Molde de cavidad dividida	Molde con Elemento Destornillador	Molde de Tres Placas	
			Diagrama esquemático
<p>a: Sistema de expulsión b: Bloque de retención c: Bloque de cavidad dividida d: Cavidad e: Orificio de Colada</p>	<p>a: Sistema de cierre b: Tornillo principal c: Engrane d: Corazón e: Cavidad</p>	<p>a: Sistema de expulsión b: Perno Separador c: Cavidad d: Orificio de colada y canales</p>	Componentes principales
<p>Diseño similar al estándar, pero con la un bloque de cavidad dividida para moldeo de piezas con ranuras o cuerda externas</p>	<p>El corazón formador de la cuerda es rotado por un actuador mecánico</p>	<p>Dos líneas de partición; movimiento de la placa flotante actuada por seguro o pasador separador; dos pasos de apertura</p>	Características
<p>Para moldeo de partes oblongas o amplias con ranuras o cuerdas</p>	<p>Para moldeo de piezas con cuerdas internas o externas</p>	<p>Separación automática de la los canales y la pieza moldeada</p>	Moldeos
			Trayectoria de apertura
			Ejemplo

Figura 11. Clasificación de moldes: parte 2. (Alejandro, 2008, p. 306)

### 2.3.1 Elementos importantes de un molde de inyección

**Parte fija o de lado inyección:** esta parte es llamada así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la máquina de inyección realiza todos sus movimientos. Esta parte se encuentra sujeta a la platina fija de la máquina y es donde apoya el cilindro de inyección de la máquina, para introducir en el molde el polímero ya fundido.

**Parte móvil o de lado expulsión:** se le llama así porque es la parte que está sujeta a la platina móvil de la máquina y junto con esta, se mueve. También es donde está normalmente ubicado el sistema de expulsión de la pieza cuando esta termina el ciclo de inyección.

**Centrador:** el centrador como su nombre indica sirve para centrar el molde en la máquina. Suele ser redondo y sobresale de la placa base, lo que sobresale de la placa base entra ajustadamente en el plato fijo de la máquina. Así una vez centrado el molde, el cilindro de inyección de la máquina coincide con el orificio por donde tiene que entrar el plástico fundido en el molde.

**Bebedero:** uno de los elementos más importantes en un molde es el bebedero, el cual es la parte del molde sobre la que se apoya la tobera; existe un polímero fundido que ocupa el bebedero cuando se termina el moldeo, el cual recibe el nombre de runner. Normalmente el bebedero puede comunicarse directamente con la cavidad de moldeo, pero también se puede ramificar en varios canales que llegan hasta las cavidades de moldeo. Estos canales se denominan canales de alimentación y el polímero que los llena después de terminar cada ciclo de moldeo se conoce como ramificación. El runner y las ramificaciones suelen ir unidos a las piezas moldeadas y reciben en conjunto la denominación de “colada” pues han de ser separados de las piezas moldeadas en una operación posterior de recorte. Los canales de alimentación acaban en una sección más estrecha que comunica con la cavidad de moldeo, a la que se llama entrada a la cavidad o simplemente entrada (gate). Según el tamaño de la pieza que se moldea, la cavidad puede tener una sola o varias entradas convenientemente distribuidas. Después de lo expuesto el concepto de cavidad de moldeo no necesita ningún otro comentario. Un molde de inyección puede tener una o varias cavidades de moldeo. [6]

**Guías o columnas del molde:** ambas partes del molde tienen un sistema de guías en una parte y de agujeros guía en la otra, de alto nivel de ajuste que aseguran un perfecto acoplamiento de las partes, evitando movimientos de una parte respecto a la otra cuando recibe la presión del plástico fundido que llega a las cavidades. Permite también el poder realizar los ajustes finos de ambas partes, en las fases de construcción o reparación del molde. El número de guías y agujeros guía y su situación en los moldes depende del tamaño del mismo, suelen ser 4 para tamaños pequeños o medianos y su situación suele estar en las 4 esquinas del molde, para moldes de forma rectangular, que son los más frecuentes.

**Placa base:** al igual que la parte móvil, la placa base sirve para su sujeción mediante bridas u otros elementos de fijación al plato móvil de la máquina de inyección. A diferencia de la anterior, esta placa normalmente no lleva centrador, pero lleva un orificio en su parte central que permite la entrada del vástago expulsor de la máquina, hasta la placa expulsora del molde.

**Placa expulsora:** es una placa doble que lleva los expulsores y recuperadores. Va flotante y guiada en un determinado espacio dentro de esta mitad de molde y cuya misión consiste en extraer la pieza con los expulsores que aloja cuando el vástago de expulsión de la máquina hace presión sobre la misma. Mediante los recuperadores lleva la placa expulsora a la posición de inicio en el momento del cierre de ambas mitades.

**Expulsores:** pueden tener diferentes formas, según la pieza aunque lo común es que sean de forma cilíndrica o laminar. Su situación es en un extremo a la placa expulsora y el otro formando parte de la superficie de molde en contacto con el plástico, hace de transmisor directo, en la extracción de la pieza de la cavidad del molde donde se aloja.

**Agujeros roscados y cáncamos:** el molde posee en todas sus placas agujeros roscados de orificio suficiente para el enroscado de los cáncamos, que serán utilizados en el manejo en el taller (polipastos o puente grúa). Al igual poseerá agujeros roscados de tal forma que con cáncamos adecuados y con puente grúa pueda ponerse el molde en máquina de forma vertical.

Un molde está constituido al menos por dos mitades, una mitad positiva y la otra negativa, que juntas forman la cavidad de moldeo. Estas mitades se unen por presión cuando se cierra el molde, tocándose entre sí en una superficie plana a la que se suele llamar plano de partición del molde. Cuando se representa una sección del molde, la superficie de partición puede quedar reducida en el dibujo a una sola línea que recibe el nombre de línea de partición. El plano de partición es perpendicular a la dirección en que actúa la fuerza de cierre. Se llama área transversal de las cavidades o "área proyectada de las cavidades" a la proyección de las cavidades de moldeo sobre el plano de partición. El producto de la presión del polímero dentro de la cavidad por el área transversal de ésta (proyectada de este modo) será la fuerza que tienda a separar las dos mitades del molde. El área transversal de la pieza depende de la posición en que se coloque en el molde la cavidad de moldeo.

Conforme el polímero llena el molde cerrado, el aire que se encontraba llenando la cavidad de moldeo debe ser evacuado. Por lo general este aire escapa por la línea de partición del molde o por la holgura que queda entre el molde y las espigas extractoras. Cuando esto no sea posible (por ejemplo, cuando se emplean fuerzas de cierre muy elevadas) el molde debe tener una serie de pequeños orificios, generalmente practicados a lo largo del plano de partición que permitan la evacuación del aire, pero no del polímero fundido (con un diámetro próximo a 0.025 mm).

En los moldes de inyección es muy importante que la temperatura de la pieza sea lo más uniforme posible durante el enfriamiento. Por ello el molde contiene una serie de canales de refrigeración por los que circula el líquido de refrigeración, generalmente agua. Estos canales deben estar diseñados de modo que permitan el enfriamiento de la pieza a velocidad adecuada y de manera uniforme. [6]

La calidad y propiedades finales de las piezas moldeadas dependen en gran medida de las condiciones físicas del polímero que llena la cavidad en el momento en que solidifica el runner. Por ello, en los moldes de múltiples cavidades se requiere que todas ellas comiencen a llenarse a la vez y acaben al mismo tiempo. Esto se puede conseguir haciendo que el material recorra siempre el mismo camino para llenar todas las cavidades, lo que se conoce como flujo equilibrado, pero presenta los inconvenientes de que se pierde una cantidad de material considerable en los recortes y de que el molde debe ser bastante

grande. Otra posibilidad es modificar el diámetro y la longitud de la entrada a las cavidades para compensar las diferentes caídas de presión debidas al flujo del material, lo que se conoce como flujo compensado. Con el flujo compensado se consigue disponer las cavidades lo más juntas posible y con canales lo más cortos posible.

En un molde convencional los canales de alimentación que conducen desde la tobera y el bebedero hasta las cavidades de moldeo quedan llenos de polímero fundido al terminar cada etapa de inyección. Este polímero se enfría a la vez que las piezas moldeadas y se extrae con ellas del molde, frecuentemente unido a las propias piezas, por lo que es preciso realizar una operación posterior para separarlos y otra operación para triturar estos recortes y poder aprovecharlos de nuevo en otro ciclo.

El moldeo con canales calientes se realiza con un tipo de molde de inyección que incluye en su diseño un sistema que mantiene los canales de alimentación a una temperatura más alta que las cavidades de moldeo. De este modo el polímero que ocupa los canales alimentación permanece siempre en estado fundido y preparado para la próxima inyección. El principal objeto del uso de canales calientes es eliminar del molde de inyección el sistema de alimentación a las cavidades y con ello evitar la formación de "recortes" y la necesidad de una operación de acabado en las piezas moldeadas y de trituración del material para volver a utilizarlo. Esto significa que la temperatura debe controlarse, tanto en el molde como en las toberas y el área de contacto entre las toberas secundarias y el molde debe ser mínimo, esto te lleva a que también el ciclo de moldeo sea constante. [6]

## **2.4 Muda o desperdicio**

Una muda o desperdicio es considerado como todo aquello que no agrega valor desde el punto de vista del cliente [7], sin embargo a mi parecer esta definición está bastante usada y "hueca" si no se explica a detalle.

Un desperdicio es considerado si, algo que no agrega valor, sin embargo primero definamos lo que es el valor agregado y es que la definición del valor agregado se refiere a todo aquel valor por el cual el cliente es capaz de pagar o más bien ya está pagando. Entonces ¿qué es



un desperdicio? exacto un desperdicio es todo aquello por lo cual el cliente no paga es decir, si tu cliente está pagándote por realizar una actividad 1, 2, 3 y 4 en el momento que tu como proveedor ya sea por tu “experiencia” o por ser “precavido” empiezas a agregar operaciones como 1, 1.1, 2, 2.1, 2.2, 3, 4, 4.1 y 5 o más, esos son recursos que estás inyectando a la operación y que como te podrás haber dado cuenta no te lo está pagando el cliente.



Figura 12. 7 mudas + 1. (Alex, 2016, p. 39)

A continuación se presentan los 7 desperdicios “oficiales” más uno último sobre los que normalmente un área de mejora continua o sistema de producción trabaja para reducir costos:

### **Sobre-producción**

Este desperdicio es el peor de todos, incluso es considerado como “la madre de todas las mudas” pero antes de llegar a eso vamos a definirlo, la sobre-producción como su nombre lo dice se refiere a una producción sin control, donde no se considera ni los requerimientos del cliente, ni el flujo de jalar de las siguientes estaciones, ¡ni nada!

Algunas de las principales causas de este mal es que a veces se produce por una deficiencia en nuestros procesos (fallas de máquina, largos cambios de modelo, etc.) o también se puede llegar a presentar por una incorrecta distribución del tiempo y una mala planeación.

[7]

Ahora sí, este desperdicio es considerado como la madre de todas las mudas debido a que te genera otras como es el caso de movimientos innecesarios, transportes, esperas, inventarios e incluso te puede llegar a generar problemas de calidad como en el no respeto a FIFO (First In - First Out) en flujos de entradas y salidas de materiales.

### **Esperas**

Se refiere al tiempo durante el proceso productivo en el que no se añade valor, es decir, es el tiempo perdido en el que operarios y clientes esperan por información o por materiales o servicios, esto se puede deber a averías de máquinas, retraso de material, etc. Un ejemplo claro serían los famosos cuellos de botella, donde se genera una espera en el proceso productivo debido a que una fase va más rápida que la que le sigue y con lo cual el material llega a la siguiente etapa antes o después de que se le pueda procesar

### **Transporte**

Todo tipo de movimiento innecesario de productos y materias primas debe ser minimizado porque se trata de un desperdicio que no aporta valor añadido al producto. El transporte cuesta dinero, equipos, combustible y mano de obra, además de que aumenta los plazos de entrega del producto.

Igualmente se debe considerar que el movimiento de un material o de productos es arriesgado ya que pueden ser dañados, para evitar esto se debe asegurar el producto para su transporte, lo cual requiere mano de obra y materiales. También es posible ubicar el material en un espacio inadecuado de forma temporal, por lo cual se debe volver a mover en poco tiempo, lo que ocasiona usar nuevamente mano de obra y otros costos innecesarios.

**Sobre-procesamiento**

Realizar trabajo extra sobre un producto es un desperdicio difícil de detectar ya que muchas veces el responsable de este no sabe que lo está haciendo. Se resume en tomar pasos innecesarios para procesar artículos y proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente.

**Inventarios**

Es el excesivo almacenamiento de materia prima, productos en proceso o productos terminados dentro de la planta que no agrega ningún valor al cliente, muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos. Un inventario que sobrepase lo necesario para cubrir las necesidades del cliente tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y aparte emplea espacio valioso que puede ser utilizado para otras cuestiones.

**No calidad**

Por naturaleza los defectos de producción y los errores de servicio no aportan valor y producen un desperdicio enorme, ya que consumen materiales, mano de obra y lo más importante: generan insatisfacción en el cliente. Siempre es preferible prevenir la mala calidad en vez de buscarlos y eliminarlos. También son considerados defectos como desperdicios la repetición o el reproceso de trabajo en los productos pues involucran volver a utilizar materia prima o mano de obra.

**Movimientos innecesarios**

Cualquier movimiento de personas o equipamiento que no añada valor al producto es un desperdicio. Todo movimiento extra como subir o bajar escaleras de más, incluso caminar innecesariamente es un desperdicio.

La mayoría de los desperdicios se encuentran interconectados, unos generan otros y se va volviendo una “bola de nieve” que si no se ataca con el paso del tiempo se vuelve más complicado eliminar.

## **No utilización del talento**

Este desperdicio (más actual que los demás) generalmente es más complicado de medir y eliminar. Se refiere a tener un desperdicio de una persona, es decir que esa persona sea muy capaz de hacer tareas que otros no podrían y su talento no sea explotado, se dice que es un desperdicio pues normalmente esta gente al no ser “explotada” profesionalmente hablando, se termina por ir a otra empresa.

## **2.5 SMED**

En respuesta a la necesidad de incrementar la flexibilidad, calidad, productividad y disminuir al mismo tiempo los niveles de inventario, nace el SMED por sus siglas en inglés “Single Minute Exchange of Die” lo cual significa en español “Cambio de Herramienta en una Décima de Minuto” la cual es una técnica ideada en Japón que hace posible realizar las operaciones de cambios de referencias (también conocidos como números de parte / productos) debido a la variedad de moldes que pueden correr en una misma prensa, como también la puesta a punto en las máquinas de manera simplificada en términos de tiempo. La aplicación de esta técnica se traduce en una reducción en los desperdicios generados por las actividades innecesarias y pérdidas de tiempo. [7]

La forma correcta en la que se mide un cambio de modelo es desde la última pieza buena de la versión anterior a la primera pieza buena de la siguiente versión, dentro de ello se deberá considerar **todo** lo que pase dentro de ese periodo de tiempo.

## **Actividades internas y externas**

Uno de los pasos típicos dentro de la metodología SMED es la acción de volver actividades internas a actividades externas, para aclarar el concepto vamos a definir las distintas actividades:

### Actividades internas

Son todas aquellas actividades las cuales son realizadas dentro del proceso de un cambio de modelo, es decir si la máquina acaba de terminar la producción de la última pieza buena todo lo que se haga dentro de ese tiempo hasta sacar la primera pieza buena de la siguiente corrida será considerado una actividad interna.

### Actividades externas

Las actividades externas son las actividades que se realizan siempre que la máquina aún no para la producción, es decir si una máquina está a escasos minutos de terminar la producción y los operadores, ajustadores o técnicos de moldes comienzan a **preparar** ciertas actividades para el proceso de cambio de modelo, esas acciones son consideradas como actividades externas.

Es por eso que en la implementación de las mejoras organizacionales la actividad de pasar actividades internas a externas es una de las mejoras más efectivas.




Acción	Resultado	Consecuencias	Stock	Tasa de producción global
Situación inicial		Alto nivel de Stock	6d	80%
Reducir el tiempo total tomado para cambiar el modelo de producción (Interna+externa)		Mejora la tasa de producción global Incrementar la capacidad	6d	92%
Reducir el tamaño de lote		Bajos niveles de Stock	1d	90%

Figura 13. Mejoras con SMED. (Stephane, 2016, p. 11)

## **Mejoras organizacionales y técnicas**

### **Mejoras organizacionales**

Son todas aquellas mejoras en las cuales la única inversión que se hace es tiempo e inteligencia. Normalmente en estas mejoras no es necesario realizar ninguna inversión monetaria. Algún ejemplo podría ser acercar los elementos necesarios para realizar el cambio como por ejemplo una escalera, el carro de herramientas, el molde, entre otras cosas.

Otra mejora podría ser el acomodo de las herramientas necesarias para hacer el cambio (implementación de la herramienta lean más básica: 5's).

### **Mejoras técnicas**

Estas mejoras se llaman técnicas debido a que la solución que se adopta generalmente tiene que ver con un tema de implementación de tecnología, dentro de estas mejoras si es necesario llevar a cabo una inversión.

Algún ejemplo de estas mejoras podría ser la implementación de platinas magnéticas donde se evita el atornillado de los moldes a las platinas de la inyectora, solamente se pegan por magnetismo.

Otro ejemplo podrían ser las conexiones rápidas las cuales evitan el estar conectando y desconectando las mangueras de agua y aceite del molde, a su vez ayuda al purgado del molde.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA SMED

#### 3.1 Descripción de la metodología SMED

La metodología principal que se está utilizando para el desarrollo del proyecto es el SMED, como ya vimos en capítulos pasados y solo para refrescar, las siglas SMED significan “Single Minute Exchange of Die” o en español: Cambio de Herramental en una Décima de Minuto, es decir la idea es que cualquier tipo de herramienta ya sea un herramental de sujeción, un gripper o incluso hasta un molde de inyección de plásticos se pueda cambiar entre 0 y 9 minutos.

A *grosso* modo podemos decir que la herramienta se desarrolla de la siguiente forma:

1. Definición del equipo y objetivo
2. Medir y analizar el proceso actual
3. Implementar y estandarizar mejoras organizacionales
4. Medir y analizar el impacto de las mejoras organizacionales
5. Implementar y estandarizar mejoras técnicas
6. Medir y analizar el impacto de las mejoras técnicas

Es importante recalcar que este tiempo de cambio de modelo se mide desde que sale la última pieza buena de la versión / corrida / referencia / número de parte anterior, hasta que sale la primera pieza buena de la siguiente producción. Todo lo que se encuentre dentro de este proceso deberá ser considerado sin ningún cuestionamiento.

Es un tiempo que si lo observas desde 1 solo proceso, tal vez algo sencillo como cambiar un sujetador de herramienta, en el cual te tardas en cambiarlo 3 minutos, probablemente

suena normal para cualquier persona, sin embargo existen empresas para las cuales ese tiempo no es aceptable de ninguna forma, por lo tanto se convierte en una pérdida o desperdicio y es por eso que se implementan estos talleres para llegar a tener un tiempo de cambio no mayor a 30 segundos, si no es que menos.

Pero retomemos el tema principal, tu tiempo debe de estar entre 0 y 9 minutos, tal vez si mantenemos en nuestra mente la idea de cambiar un sujetador o una pinza o cualquier otra herramienta pequeña podríamos decirnos: “mmm hacerlo en 0-9 minutos no suena tan trillado”, pero ahora imagínense que es lo que sucede con un molde de inyección de plásticos, un proceso en el cual existen bastantes variables a controlar, dónde se deben de realizar purgas del molde, conectar conexiones de agua y aceite, manipular el molde dentro de la máquina (el cual puede llegar a pesar más de 200 kg), suena más complicado ¿no es verdad?.

Un ejemplo claro de la aplicación de esta herramienta son los famosos “pits” de las carreras de autos. Imaginemos que estamos en una carrera de autos y vamos en primer lugar, nuestro oponente más cercano se encuentra a ¡4.5 segundos de distancia detrás de nosotros! ¿Acaso nos gustaría arriesgar el primer lugar o como tal la carrera por meternos a los “pits” dónde nuestro equipo nos brindará los servicios que el auto requiere por un tiempo total de 6 minutos? ¡Para nada! los correrían a todos incluido el piloto.

Normalmente todas las actividades que se llevan a cabo durante la entrada del auto a los “pits” ¡no debe durar más de 13 segundos!, de hecho este tiempo está registrado para las carreras de Nascar, sin embargo para la fórmula 1 existe un récord mundial de ¡1,89 segundos! [9], impresionante ¿no?

Y es lo mismo que sucede durante un cambio de modelo en una empresa, el cliente está esperando por su producto (llegar en primer lugar), nuestra máquina no debe de parar una gran cantidad de tiempo (el auto), si no estaríamos arriesgando el no entregar y por lo tanto pararemos sus líneas y tendría un gran disgusto con nuestra empresa (perder la carrera).



Sin embargo una de las partes más importantes para poder llevar a cabo este ejercicio no es ni más ni menos que el equipo de personas con el cual se realiza el trabajo. Es muy importante tener un equipo de personas establecido, capacitado y con las habilidades suficientes para poder realizar las actividades que el proceso demanda.

Por lo tanto el primer paso para poder llevar a cabo esta herramienta es la definición del equipo de trabajo. Es muy probable que en el equipo existan personas que se involucren directamente y algunas que se involucren indirectamente por lo que se recomienda realizar un draft del equipo y armarlo de forma multifuncional.

Al referirnos que están “directamente” se refiere a que están 100% involucrados en el proyecto; al mencionar “indirectamente” se refiere a que están involucrados pero no completamente debido a sus horarios laborales los cuales pueden variar.

Generalmente para poder realizar un correcto análisis del problema es necesario saber dónde es que nos encontramos, es decir ¿cuánto tiempo de cambio de modelo se tiene en este momento? o retomando el ejemplo ¿cuánto tiempo se tarda el equipo en los pits?, todo esto es clave para poder determinar un objetivo y trabajar hacia él.

La definición del objetivo debe ser basado sobre una de las metodologías más conocidas para definir objetivos: **SMART (por sus siglas en inglés: “Specific”: específico, “Measurable”: medible, “Achievable”: alcanzable, “Realistic”: realista & “Timely”: calendarizado)** lo cual se refiere a que el objetivo sea específico, es decir simple y claro; medible para poder tener evidencia tangible de que se logró el objetivo; alcanzable porque a pesar de que debe de ser un objetivo ambicioso debe de poder cumplirse; realista porque tu objetivo tiene que ir enfocado a un resultado no solo a actividades; calendarizado para tener un periodo límite de tiempo en el cumplimiento de las actividades que te lleven al éxito del proyecto.

El conocer dónde te encuentras parado también te da un punto de partida las distintas variables externas que afectan en el proyecto, es por eso que en este tipo de talleres la

recomendación es que si no se tiene ninguna información del tiempo actual es necesario comenzar a medir, probablemente con el registro de órdenes de producción te puedas dar una idea sin embargo para poder tener un tiempo más preciso, que realmente se muestre un resultado contra el histórico y puedas poner un objetivo real al proyecto, lo ideal sería medir aunque sea un mes completo los tiempos de cambio que se tienen, dándole esa tarea a alguien externo al equipo SMED para ver tiempos reales y coherentes o tú mismo obtener la información si es que se lleva un registro de los tiempos de paro en la línea.

Es muy importante también saber qué es lo que nuestro proceso requiere, retomando el ejemplo de los “pits” podemos visualizar: ¿qué es lo que el auto necesita para continuar la carrera? llantas, aceite, anticongelante, entre otras cosas. Como podemos ver son varias cuestiones las cuales el equipo deberá enfrentar. En nuestro caso tenemos una máquina de inyección de plásticos y lo que necesita para el cambio es el molde a montar y la materia prima, por lo tanto esas son las dos variables que debemos de analizar.

Es por eso que se recomienda hacer una clasificación de las variables que tiene dentro del proceso para no hacer trabajo doble o ineficiente.

Es necesario establecer una o dos sesiones semanales con el equipo para analizar todas las cuestiones que vayan saliendo durante el taller, desde la definición del objetivo así como los resultados finales.

Después de tener tu equipo y objetivo definido, es necesario continuar con el siguiente paso el cual es realizar la primer medición oficial (si la primera) la diferencia que hay a la que mencioné anteriormente (si es que es necesario realizarla) en el párrafo anterior es que esta medición “oficial” será de forma detallada y la anterior solo es para conocer dónde estamos parados en un inicio.

En esta ocasión se utilizará una metodología de **estudio del trabajo**, existen varias opciones sin embargo las más conocidas son:

- 1- **MTM** (“Methods Time Measurement”: medición del tiempo de los métodos)
- 2- **MOST** (“Maynard Operations Sequence Technique”: técnica de secuencia de operaciones de Maynard)

Si no estás familiarizado con estas metodologías, la finalidad de aplicarlas es poder tener un análisis a detalle dónde se toman los tiempo por cada micro movimiento, es decir, se deberá de tomar en cuenta todos los movimientos que el operador realice, hasta el más mínimo, por eso se recomienda en este tipo de estudios realizar una videograbación para poder analizarlo las veces que sea necesario.

Realizar este tipo de estudios tiene como finalidad poder tener una visión panorámica del proceso. Normalmente se ocupan más para realizar un balance de operaciones en una línea sin embargo también se pueden utilizar en otro tipo de talleres.

Otra finalidad de realizar un estudio del trabajo a detalle es que podremos observar todos los movimientos que realiza el operador incluso si es que existiera alguna variación externa como por ejemplo que sale al baño, a comer, que su presencia es solicitada en otra línea, etc. Esto es bastante útil si tu tiempo de cambio de modelo es alto, al principio podrá ser algo tedioso y más si el tiempo de cambio es alto, sin embargo al momento de continuar con el taller podremos ver que realmente es útil para mejorar.

Una vez explicado esto, es necesario comenzar a medir cada una de las muestras escogidas por medio de cualquiera de las metodologías anteriores, para el análisis lo ideal sería esperar a tener todas las muestras escogidas ya medidas pero de acuerdo a la experiencia no es necesario esperar tanto tiempo ya que cuando se tenga el 50% de las mediciones y al ser un proceso parecido se puede observar que existe un patrón, entonces a partir del 50% cumplido podemos empezar a analizar, mientras que el otro 50% que se va a ir realizando puede complementar después si es que se llegara a pasar algo al equipo.

Durante el análisis, el cual se debe de realizar en conjunto con todo el equipo, se deberá de comenzar a cuestionar cada una de las actividades registradas por medio de las siguientes 3 preguntas:

**1. ¿Es posible eliminar definitivamente esta actividad?**

Si la respuesta es no, avanzar a la siguiente pregunta:

**2. ¿Es posible pasar esta actividad registrada como interna a una actividad externa?**

Si la respuesta es no, avanzar a la siguiente pregunta:

**3. ¿Es posible reducir el tiempo de esta actividad?**

Y es aquí en dónde todo el equipo deberá participar para dar sus ideas organizacionalmente hablando, es decir ¡ideas que no se les requiera invertir ni un solo centavo!, en este punto probablemente algún(os) de los integrantes del equipo comience a pensar más allá de la organización, es decir en las mejoras técnicas sin embargo en esta parte del proyecto no son necesarias, al menos no hasta ahora pero se les puede pedir que las anoten y esperen a la parte de mejoras técnicas o a que incluso se eliminen con otra acción organizacional. Recordemos que para hacer mejora continua lo último que se debe de hacer es despilfarrar el dinero (a no ser que sea estrictamente necesario).

En esta parte es importante que el piloto del equipo sepa controlar a los integrantes para evitar que las sesiones se vuelvan pesadas o repetitivas y se estanquen con ideas que no vayan más allá de una solución real.

Aunque parece una tarea pesada estos análisis son de los puntos más importantes del proyecto. Alrededor del 40% de las actividades se darán cuenta que no es posible eliminarlas, son internas y que incluso será complicado reducirlas en tiempo sin embargo son actividades que tienen un tiempo muy corto o que no impactan tanto en el tiempo total. Pero si podrán observar que el otro 60% de las actividades se podrán, eliminar, externalizar o incluso eliminarlas por completo y estas actividades si tienen una cantidad de tiempo significativo.

Está estadísticamente comprobado (por mi empresa, en estudios los cuales no puedo mostrar) que casi hasta un 70% del tiempo en un cambio de molde se puede reducir solo con este tipo de mejoras. Claro si se realizan correctamente.

Una vez analizadas las mediciones en las diferentes sesiones será necesario llevar un plan de acción (el cual se le debe de ir dando un seguimiento continuo) esto para poder asegurar la implementación de las mejoras organizacionales en una forma correcta.

Generalmente todas estas ideas o mejor dicho mejoras, se deberán ir integrando en un procedimiento, el cual el equipo SMED deberá seguir paso a paso durante todos los cambios de modelo que realice para poder llegar al objetivo.

Una vez mejorado el procedimiento se debe proceder a realizar una medición más de todas las muestras para poder comprobar que las mejoras funcionan y cuantificarlas, también para confirmar que no se presente algún otro desperdicio que se pueda eliminar organizacionalmente hablando, en dado caso de que no se presente ningún otro entonces podemos avanzar al siguiente paso: mejoras técnicas.

En las mejoras técnicas normalmente se requiere ya una inversión monetaria, es muy importante en este paso realizar un análisis costo-beneficio sobre este tipo de mejoras, por ejemplo: no convendría implementar un sistema que me cueste € 180 KEUR y que me reduzca el tiempo en 6 segundos a comparación de un sistema que me cueste € 5 KEUR y sea capaz de reducir 45 segundos el tiempo de cambio de modelo.

Si las mejoras han sido definidas y analizadas será momento de presentar la solicitud de inversión al consejo directivo y esperar a que se aprueben. Si es que se logran aprobar será momento entonces de integrarlas a nuestro sistema, probablemente la hoja o procedimiento de cambio deberá ser cambiada nuevamente para que sea coherente con lo que se tiene en el piso productivo. Es muy importante que el equipo se re-entrene no solo en el procedimiento sino también en el manejo de las nuevas herramientas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS DEL PROYECTO

#### 4.1 Resultados obtenidos

Como primer tema lo que se realizó fue la definición del equipo donde podemos ver de forma detallada: nombre, puesto y función.

En nuestro caso se realizó la selección del equipo para el taller solamente dentro del área de inyección de plásticos pues se considera que la gente con mayor experiencia se encuentra en esa área; en el proyecto participaron las siguientes personas:

- Abrahan M.- Ingeniero de procesos inyección (directamente)
- Edgar R.- Supervisor de producción del área de inyección (directamente)
- Julio N. - Ajustador de procesos del área de inyección (indirectamente)
- Ignacio A. - Ajustador de procesos del área de inyección (indirectamente)
- José V. - Ajustador de procesos del área de inyección (indirectamente)
- Omar P. - Ajustador de procesos del área de inyección (indirectamente)
- Isaías C. - Ingeniero de sistema de producción área inyección (directamente)
- Sergio J. - Gerente de sitio de sistema de producción (directamente) **Piloto**

Se puede ver que contamos con 4 personas directamente involucradas y 4 personas indirectas. Esto debido a que al ser ajustadores de procesos deben de estar casi el 80% de su tiempo en el piso por lo que no pueden involucrarse de lleno a todas las sesiones... pero sí a las claves.

Como lo mencionamos en la definición del objetivo SMART, es necesaria una calendarización, por eso es que lo primero que se realizó fue un diagrama Gantt de todas las fases del proyecto.

En él se encuentran de forma general todas las actividades que se han realizado:

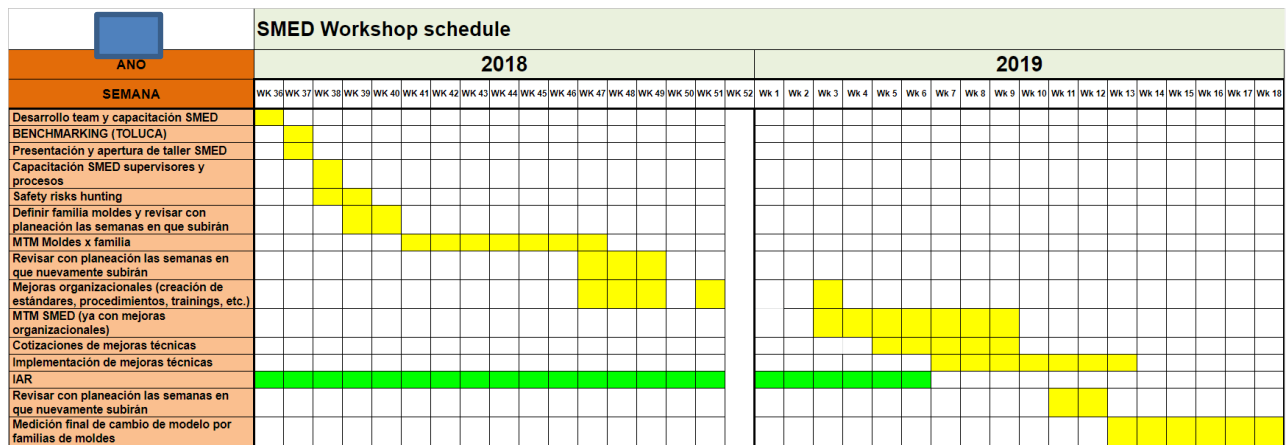


Figura 14. Cronograma de actividades de taller.

Como todo proyecto en la empresa que colaboramos los talleres de mejoras siempre comienzan con una **“búsqueda de riesgos de seguridad”** y se debe realizar sea el taller que sea; en esta actividad normalmente participa el departamento de seguridad, mantenimiento y el equipo responsable del taller y trata sobre ir literalmente a la máquina (aquí utilizamos la terminología **“genba”** que significa: el lugar real [8]) para poder analizar potenciales riesgos de seguridad que existan y que se puedan convertir en un accidente durante el taller, para esto se realiza un marcaje con tarjetas rojas (estándar de la empresa) las cuales deberán ser solucionadas inmediatamente (si es posible) o en un plazo no mayor a 1 mes por el departamento responsable.



*Figura 15.* Tarjeteo de máquina después de búsqueda de riesgos.

Para darle seguimiento a todo esto es necesario llevar a cabo un plan de acción en el cual se definen fechas, acciones y responsables, el piloto será el encargado de liderar esta parte.

Una vez realizada la búsqueda de riesgos, todo el equipo avanzó a la definición de familias de productos (moldes) para poder obtener las muestras que analizaremos.

Debido a las cualidades que existen en nuestro proceso será necesario definir familias de moldes para poder hacer la estandarización más sencilla. Al formar familias de moldes evitas realizar trabajo doble, pues el que estén en una misma familia significa que no es necesario realizar un análisis por cada uno de los moldes que existen en la máquina, si no solamente de unos cuantos (generalmente los más complicados de intercambiar), así es como vamos a cubrir el análisis en toda la población de los moldes de la inyectora 9 (total de moldes: 16 piezas) y podremos hacer una mejora que impacte a todos. La muestra que estamos tomando son dos moldes por familia de producto considerando los moldes que tienen el mayor número de conexiones de agua y aceite pues estos son los moldes más complicados.



La primera categorización se hizo por el tipo de producto que se realiza en esa máquina quedando de la siguiente forma:

- Distribuidor
- Carcasa
- Depósito

Una vez realizada esta clasificación de cada una de esas familias se tomaron los dos moldes que más conexiones tienen, pues estos se convierten en los más complicados al momento de hacer un cambio, una sub-clasificación quedaría de la siguiente forma:

- Distribuidores
  - AC01232.1
- Carcasas
  - DCB07MJ613AD
  - DCB07AF605ADPF
- Depósitos
  - DCB37BA016B
  - DCB37BA022A

Familia	Prensa	# De Parte	Nombre de la parte	Número de conexiones		Medidas (cm)			Peso (Kg)
				Fijo	movil	F	G	H	
<b>Distribuidor</b>	9	A01232.1	DISTRIBUTER / AFT MKT	1	7	40	82	37	650
<b>Carcasa</b>	9	DB07MJ613AD	BODY S/C 21.0	3	5	46	92	41	900
	9	DB07HD603AFPF	BODY M/C 16.0	1	4	37.5	74	37	900
	9	DB07HF605ADPF	BODY M/C 18.0	3	4	40	92	35	1130
	9	DB07AF1045AC	BODY M/C 18.0	2	2	43	74	40	1130
	9	DB07AF605ADPF	BODY M/C 18.1	3	5	43	99	33.5	1100
	9	DB07HD605AEPF	BODY M/C 16.0	2	2	43	58	34	612.35
	9	DB07AF606AFPF	BODY M/C 18.0	2	5	60	62	36	991.55
	9	DB07AD1015ABPF	BODY 16.0	2	2	60	62	36	1002
	9	DB07AF610AEPF	BODY M/C 18.0	2	6	60	62	36	1002
	9	DB07MP005A	BODY S/C 31	1	6	34	60	30	585.13
<b>Depositos</b>	9	DB37BA016B	RESERVOIR	2	6	75	51	35	900
	9	DB37BA022A	RESERVOIR	2	5	66	45.5	32	900
	9	DB37BA023A	RESERVOIR	2	3	75	51	35	800
	9	DB37BA024AB	RESERVOIR	4	3	66	60	42	1000
	9	DB37BA1033AB	RESERVOIR	1	5	66	50	48	850

*Figura 16.* Definición de familias de productos

Como se puede observar en la imagen los que se encuentran en color rojo son los moldes considerados para la mejora en este taller.

Posteriormente a esto se solicitó a logística un listado del plan de producción del mes para poder planificar la toma de tiempo inicial. El registro de los tiempos y las actividades se realizó en la hoja estándar de la empresa:

	MOMENTÁNEAMENTE SE QUEDA ASÍ
	MEJORA ORGANIZACIONAL
	MEJORA TÉCNICA

Hoja de observación SMED

Fecha:	19/09/2018
ZAP:	Inyección / máquina 5

Secuencia de operación de cambio de modelo					Mejora			
Operación	Tiempo acumulado (s)	Tiempo/operación (s)	Descripción	Tiempo perdido no anticipado	Eliminar	Reducir (25%)	Cambiar operación externa	Actividad
1	78.82	78.82	Busca molde DB37BA016B en layout de moldes y se coloca Tyvek				78.82	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta esté disponible antes de que para la máquina
2	114.5	36.08	Lleva carro de herramientas hasta inyectora 5				36.08	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta esté disponible antes de que para la máquina
3	185.51	61.01	Acordonamiento de la inyectora 5			20.2525		Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta esté disponible antes de que para la máquina (comenzar con alerta parte del acordonamiento, solo dejar libres las zonas de entrada y salida de moldes)
4	281.35	65.44	Se dirige hasta rack de molde		65.44			Se elimina con mejora en operación 1
5	509.27	227.52	Busca molde físicamente en el rack de moldes y mangueras de agua		227.52			Se elimina con mejora en operación 1
6	542.08	32.81	Quita tornillos de platina ambos lados (fija y móvil)			8.2025		Mejora con una pistola neumática
7	577.36	35.28	Busca bridas para fijación del molde				35.28	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta esté disponible antes de que para la máquina
8	626.05	48.69	Coloca brida y tornillos en máquina (pero no realiza apriete)					
9	640.78	14.73	Coloca brida en máquina (Lado no operador) pero no realiza apriete					
10	771.77	130.99	Ajustador va por grúa para sujetar molde y poder llevarlo a inyectora 5		130.99			Se elimina con mejora en operación 1
11	954.57	223.2	Engancha molde y lo lleva hasta inyectora 5		223.2			Se elimina con mejora en operación 1
12	1253.66	258.69	Coloca molde sobre máquina, posteriormente realiza el apriete de 4 bridas solo en platina de parte fija			64.6725		Se reduce con mejora en operación 8
13	1346.84	53.18	Busca las 4 barras de expulsión, en el rack de barras				53.18	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta esté disponible antes de que para la máquina
14	1387.8	20.56	Mide barra para que corresponda a molde que se va a montar		20.56			Se elimina con mejora en operación 14
15	1478.29	110.49	Vuelve a buscar barra de expulsión, al parecer no son las correctas (ajustador duda si realmente son las correctas)		110.49			Se elimina con mejora en operación 14
16	1514.38	36.69	Al no saber si las barras son las correctas, pregunta a Omar P para que revise, al final si eran las barras correctas		36.69			Se elimina con mejora en operación 14
17	1525.41	14.43	Coloca en posición las 4 barras de expulsión (Las barras solo son de golpe, es decir no se deben apretar)		14.43			Se elimina con mejora en operación 14
18	1546.63	17.22	Ajustador va a cerrar puerta, ya que anteriormente no fue cerrada, y si no se cierra puerta trasera no podrá cerrar la platina			4.305		Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad sea secuenciada
19	1728.19	181.56	Cierra clamp móvil, pero no puede cerrar porque no tiene puente de botadores				181.56	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad sea secuenciada
20	1764.82	36.63	Ajustador coloca puente de expulsores, para poder cerrar platina		36.63			Revisar también si el puente / programa es el correcto y ya deberá estar desde antes de que para máquina
21	1873.52	109.1	No se puede cerrar platina móvil, por lo que busca otro puente y lo coloca		109.1			Se elimina con mejora en operación 19
22	1919.43	45.51	Vuelve intentar cerrar platinas pero sigue sin éxito		45.51			Se elimina con mejora en operación 19
23	1956.17	38.74	Pide soporte a Omar P, para cerrar clamp		38.74			Se elimina con mejora en operación 19
24	2030.8	540.63	Segue sin cerrar platina de prensa, se avisa a Rodrigo S para su revisión, intentan moviendo parámetros, al final solo se vuelve a cargar programa de esta versión, y se logra poder cerrar platina			540.63		Se elimina con mejora en operación 19
25	2933.41	34.61	Ajusta platina hasta cerrarla por completo tocando físicamente el molde					

Figura 17. MTM y ejemplo análisis de familia depósito.

Hoja de observación SMED					Fecha:	05/10/2018		
					ZAP:	Inyectora 9		
Secuencia de operación de cambio de modelo					Mejora			
Operación	Tiempo acumulado (s)	Tiempo/operación (s)	Descripción	Tiempo perdido no enloppado	Eliminar	Reducir	Cambiar operación externa	Actividad
1	26.89	26.89	Ajustador busca mangueras en el rack para el nuevo molde que subirá 6034FPF				26.89	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta este disponible antes de que para la máquina.
2	136.09	105.2	Ajustador busca información técnica (Plan de ajuste) para la versión que se va a montar				105.2	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta este disponible antes de que para la máquina.
3	204.76	66.67	Se dirige a buscar molde en rack 6034FPF				66.67	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta este disponible antes de que para la máquina (comenzar con alerta parte del acondicionamiento, solo dejar libres las zonas de entrada y salida de molde)
4	231.44	26.68	Se dirige a traer grua hasta la zona de manto moldes para transportar molde hasta inyectora 9				26.68	Se elimina con mejora en operación 1
5	476.94	247.5	Ajustador busca 2 canchamos para poder sujetar cadenas de grua	No encontraba canchamos para este molde	247.5			Se elimina con mejora en operación 1
6	505.81	26.87	Tiempo en que ajustador coloca cadenas de grua en canchamos para llevarlo a inyectora				26.87	Se elimina con mejora en operación 1
7	685.7	183.89	Ajustador lleva molde hasta inyectora 9				183.89	Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta este disponible antes de que para la máquina.
8	861.09	117.34	Sube molde a inyectora y lo coloca en posición para proseguir con la fijación hacia platina máquina de máquina.					
9	961.14	60.05	Nivela molde para que quede verticalmente					
10	975.2	14.25	Busca barra de expulsión y la coloca en máquina				14.25	Se elimina con mejora en operación 1
11	1003.97	28.58	Quita tornillos que estan colocados en platina móvil y los coloca en máquina			7.145		Se elimina con mejora en operación 1
12	1028.51	24.54	Cierra platina hasta cierto punto donde el ajustador puede colocar barra a molde			6.135		Se reduce con mejora en operación 8
13	1112.72	105.3	Termina de colocar barra y realiza apriete de la misma			26.325		Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad / herramienta este disponible antes de que para la máquina.
14	1225.07	51.26	Cierra platina hasta pagar con molde			22.815		Se elimina con mejora en operación 14
15	1249.75	24.68	Ajustador coloca seguro de barra expulsora			24.68		Se elimina con mejora en operación 14
16	1282	33.14	Quita barra expulsora, al parecer ajustador nota que la barra no es la barra correcta por la distancia que debe tener.		33.14			Se elimina con mejora en operación 14
17	1364.15	82.15	Va a buscar barra correcta		82.15			Se elimina con mejora en operación 14
18	1446.9	81	Coloca nuevamente barra expulsora (misma barra que quito al principio)		81			Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad sea secuenciada
19	1710.66	263.66	Ajustador empieza a colocar bridas para fijar molde (Lado operador)			65.915		Revisar descripción de operaciones para tratar de que actividad sea secuenciada Revisar también si el puente / programa es el correcto y ya deberá estar desde antes de que para máquina
20	1734-14	24.14	Se trata de ajustador a lado no operador y abre puerta para realizar apriete de bridas			6.035		Se elimina con mejora en operación 19
21	2033.96	269.26	Empieza a colocar bridas para fijar molde en lado no operador (parte trasera de máquina)			67.315		Se elimina con mejora en operación 19
22	2048.2	44.29	Conecta mangueras hidráulicas de noyos (2 mangueras)			11.0725		Se elimina con mejora en operación 19

Figura 18. MTM y ejemplo análisis de familia carcasa.

Posteriormente a esto se comenzó a alimentar un plan de acción (el mismo que se utiliza para la “búsqueda de riesgos de seguridad”) y al cual se le da seguimiento en nuestra junta semanal.

Action plan										
SMED Inyectora 9										
Cell / Machine	Problem ( P ) / Cause ( C )	Description	Responsible	Initial date	Estimated date of finalization	PDCA %				
INY 9 / Risk hunting	Fuga en manifold de aceite	Se cambiara manifold de aceite, en máquina Cotización de materiales realizada. (300 usd) ***** Solicitud de compra realizada	Abrahan Levi	20/09/18	09/11/18	50%	P	D		
INY 9 / Risk hunting	Bomba eléctrica sin tapa / daño de equipo	Se colocara tapa en parte eléctrica de bomba	Maria L. Ramos	20/09/18	28/09/18	100%	P	D	C	A
INY 9 / Gral	Fechas (planeación) de moldes para producción	Revisar con planeación cuando subirán los moldes para comenzar con la toma de tiempos Familia carcasa DB07MJ613AD y DB07AF605ADPF (NO SE HA TOMADO NADA, REVISAR FECHAS) Familia distribuidor A01232.1 (Martes 23/10) (OK: 7 hrs 10 min; -3.5 hrs x falla / VOLVER A TOMARLO) Familia depósitos DB37BA016B (Viernes 19/10 OK: 3 hrs) y DB37BA1033AB (Pendiente: falla en molde)	Sergio Jara	25/09/18	5/10/2018	50%	P	D		
INY 9 / Risk hunting	Compra de 10 candados, tarjetas y procedimiento.	Para el complemento de descripción de trabajo (HS-16) Orden de compra liberada en espera de documentación por parte de procesos	Pamela P	27/09/2018	26/10/2018	75%	P	D	C	
INY 9 / Risk hunting	Colocar concha en paro de emergencia de cada inyectora	Será colocada por parte de mantenimiento	Maria L. Ramos	27/09/2018	5/10/2018	100%	P	D	C	A
INY 9 / Risk hunting	Colocar ayuda visual de descripción de trabajo (candadeo)	Ing. procesos posteará la ayuda visual en cada máquina. Pasar la ayuda visual, procedimiento escrito a seguridad	Abrahan Levi	27/09/2018	11/26/2018	50%	P	D		
INY 9 / Risk hunting	Falta capacitación seguridad	23 directrices de seguridad Pendiente: trabajo en alturas	Jose Luis	27/09/2018	11/6/2018	75%	P	D	C	
INY 9 / MTM	Equipar carro de herramientas faltante	Ajustador hará la lista de herramientas necesarias para equipar carro. Falta revisar con Edgar Ramirez. SE PRESENTARÁ EN COMITÉ "Buscar molde en rack y llevar a la máquina"	Jose Luis R.	26/10/2018	11/9/2018	25%	P			
INY 9 / MTM	Mejoras organizacionales Actualizar descripción de montaje de molde para mejoras externas / eliminar operación (1, 4, 5, 10, 11)	Es necesario colocar una ayuda visual de donde se encuentran los moldes así como también asegurar que los técnicos de moldes / ajustadores regresen el molde al mismo lugar (agregar en la descripción de montaje + 1 control) La descripción también deberá mencionar que la búsqueda se deberá hacer antes de que la máquina pare para convertir la actividad a externa	Abrahan Levi	26/10/2018	26/11/2018	50%	P	D		
INY 9 / MTM	Mejoras organizacionales Mejoras externas / eliminar operación (2)	"Busca carro de herramientas y lo lleva a la inyectora" Ajustador realizará lista de herramientas necesarias para equipar el segundo carro. Falta revisar con Edgar Ramirez. SE PRESENTARÁ EN COMITÉ	Jose Luis R.	26/10/2018	26/11/2018	50%	P	D		
INY 9 / MTM	Mejoras organizacionales Actualizar descripción de montaje	"Busca carro de herramientas y lo lleva a la inyectora" Agregar esta operación a la descripción de montaje para que se convierta en	Abrahan	26/10/2018	26/11/2018	0%				

Figura 19. Plan de acción.

La mayoría de nuestras mejoras organizacionales dieron un fuerte impacto al procedimiento de cambio de modelo del ajustador el cual sufrió cambios en hasta 5 ocasiones.

Uno de los principales cambios fue agregar una descripción clara y detallada en la redacción durante toda la descripción, incluso hasta en la codificación de los documentos de soporte, a continuación se muestran algunos ejemplos:

## 2.0 RESPONSABILIDAD

El Supervisor de turno es responsable de asegurar que los Ajustadores sigan este procedimiento. El Ajustador es responsable de iniciar el cambio de molde y verificar que el cambio de molde se realice apropiadamente utilizando para esto la lista de verificación de ajuste de molde. En caso necesario, el Supervisor de turno puede realizar el cambio de molde conforme a esta instrucción de trabajo.

El ajustador es responsable de tomar la instrucción del Supervisor de turno y de realizar el cambio de molde conforme a este procedimiento en forma segura y en tiempo apropiado.

## 3.0 DEFINICIONES

Prensa: Maquina de moldeo por inyección

Libro de Proceso: Una referencia del molde que contiene información para el ajuste del molde

## 4.0 REFERENCIAS

PLAN DE PRODUCCION  
ITMI 02 SECADO DE MATERIALES  
LIBRO DE PROCESOS

## 5.0 PROCEDIMIENTO

### Cambio de molde

1. El ajustador debe confirmar que el molde en la maquina de inyección esta listo para ser cambiado y el cilindro de la maquina se ha vaciado y limpiado y purgado con polipropileno cuando es requerido por el Supervisor o el encargado del turno.
2. Conforme al plan de producción, previo al cambio de molde, el ajustador debe trasladar con la grúa o el equipo apropiado el siguiente molde o los insertos requeridos a un lugar seguro cerca de la maquina, junto con las herramientas y accesorios apropiados para realizar el cambio.  
**NOTA:** Antes de realizar el cambio de molde, el Ajustador debe vaciar el material de la tolva para cargar el material para la siguiente corrida si es que el nuevo número de parte requiere un material Diferente al de la corrida que termino, o bien revisar si el secador central ya tiene material seco disponible para la nueva corrida.
3. El Supervisor o el Encargado de turno debe llenar la hoja de evaluación de molde para direccionar el molde al área de reparaciones o aprobar su traslado al almacén de moldes. La grúa o el equipo para mover los Previamente el ajustador debe trasladar junto a la maquina de inyección el siguiente molde de acuerdo al plan de producción junto con la herramienta y accesorios necesarios para realizar el cambio de molde.

*Figura 20.* Hoja de instrucción versión 1.

## 2.0 RESPONSABILIDAD

El coordinador en turno es el responsable de asegurar que los ajustadores sigan este procedimiento al pie de la letra. El ajustador es el responsable de realizar y verificar que el cambio de molde se realice apropiadamente utilizando para esto la lista de verificación de ajuste de máquina de inyección (documento QF-126), y es responsable también de ajustar el proceso de acuerdo al plan de ajuste línea de inyección (documento QXT 595). En caso necesario, el coordinador en turno también es capaz de realizar el cambio de molde conforme a esta instrucción de trabajo y el ajuste del proceso conforme al plan de ajuste línea de inyección.

## 3.0 DEFINICIONES

Prensa: Máquina de moldeo por inyección

Plan de ajuste línea de inyección: Ficha técnica de proceso, que contiene información para el ajuste del molde, máquina y periféricos para el proceso de inyección.

Lista de verificación de ajuste de máquina de inyección: Lista de verificación para puesta en marcha del proceso de inyección.

Actividades internas: actividades que se hacen una vez que la máquina ya ha dejado de producir.

Actividades externas: actividades que se realizan 30 minutos antes de que la máquina deje de producir.

## 4.0 REFERENCIAS

Plan de producción.

Descripción de operación sistema de secado doc.

Plan de ajuste línea de inyección doc. QXT 595.

Lista de verificación de ajuste de máquina de inyección doc. QF-126.

Lista de verificación de parámetros de proceso doc. QXT 242

Pick list de Producción.

Bitácora de molde.

Lay out almacén de moldes.

*Figura 21. Hoja de instrucción versión 5.*

Otra de las mejoras destacables que se puede apreciar es la separación de las actividades que se deben de hacer tanto externamente como internamente, esto se realizó en las 3 partes en las cuales se separó la instrucción:

1. ¿qué hacer cuando solo queremos montar un molde?
2. ¿qué hacer cuando queremos hacer un cambio de modelo?
3. ¿qué hacer cuando solamente queremos bajar el molde?

Además se realizó la integración de un trabajo en equipo que no existía, normalmente lo que se realizaba era que un ajustador se dedicaba a un solo cambio de modelo y el segundo

ajustador a otro cambio de modelo, lo que lo hacía bastante laborioso y por ende, tardado. Esto se puede volver a comprobar si analizamos la figura 19 en la parte de: **“PROCEDIMIENTO”**

## 5.0 PROCEDIMIENTO

### PARA MONTAJE DE MOLDE EN MÁQUINA (SIN MOLDE EN MÁQUINA)

#### Actividades Externas

Esta actividad se debe realizar siempre con 2 ajustadores: ajustador A y ajustador B:

#### Ajustador A.

1. Conforme al plan de producción, el ajustador A debe ubicar el molde requerido de acuerdo al layout del área de moldes (Doc: DOK-17010534 en PDM) o en el plan de ajuste línea de inyección,
2. El ajustador debe:
  - Tener las herramientas y accesorios para el montaje a pie de máquina, sobre carro de herramientas.
  - Llaves españolas estándar 1, 15/16, 7/8, 5/8 y 3/4.
  - Llaves españolas milimétricas 19 y 18.
  - Llaves allen estándar 3/4 y 1/2.
  - Llaves allen milimétricas de 10 y 14.
  - Varilla de bronce
  - Stilson 12.
  - Martillo de bronce.
  - Nariz para inyectora.
  - Nivel.
  - Escalera.



*Figura 22.* Separación de actividades por ajustador A & B.

Además en la figura 21 podemos ver también parte de lo que se mencionaba en párrafos anteriores, se realizó detalladamente que incluso agregamos ayudas visuales.

A continuación se presenta un ejemplo más dónde se integra el ajustador B:

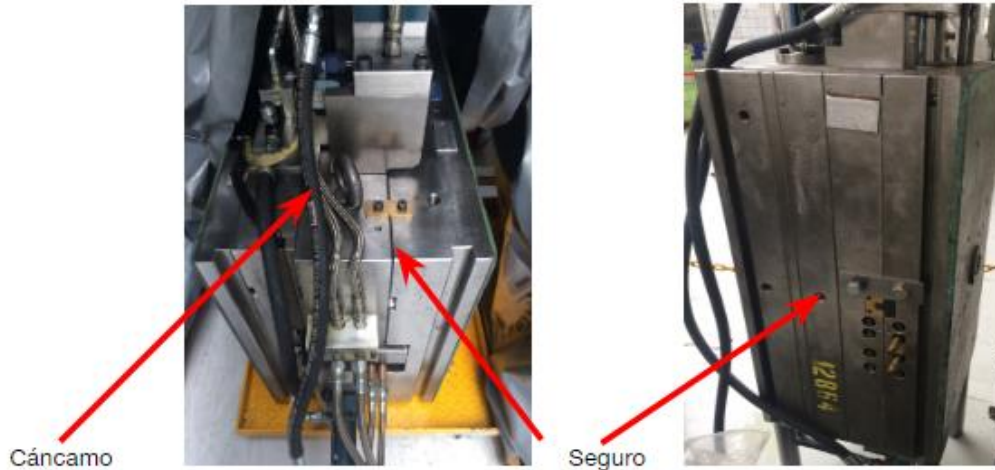


Foto 2. Cáncamo y seguro de molde.

- Una vez ubicado el molde este debe ser trasladado a pie de máquina\* Ver layout. utilizando la grúa viajera, coloque el cáncamo (ver foto 2), en el molde y engánchelo a la grúa, por seguridad al realizar la maniobra de traslado ubíquese a una distancia de un metro, el molde no debe sobrepasar una altura de 15 cm del piso.

#### Ajustador B.

1. Conforme al plan de producción el ajustador B debe de tener lo siguiente.
  2.
    - Documentación requerida para el número de parte a producir: plan de ajuste línea de inyección, registro de liberación de maquina, lista de verificación de ajuste de máquina de inyección (doc. QF-126). todos los documentos deberán estar dentro de la carpeta de documentación de la inyectora y deberán extraerse y colocarse en la tabla giratoria. Ver estándar de mesa de trabajo (Anexo 2, para esta operación se puede apoyar del operador de la máquina).
    - Piezas muestra en mesa de trabajo de inyectora. (ver anexo "estándar mesa de trabajo")
    - Acordonar el área para el traslado de molde hacia inyectora, (Ver layout Anexo 1).
    - Caja de herramientas en el lado contrario al operador de la máquina. (ver foto 3)
- Llaves españolas estándar 1, 15/16, 7/8, 5/8 y 3/4.
  - Llaves españolas milimétricas 19 y 18.
  - Llaves allen estándar 3/4 y 1/2.
  - Llaves allen milimétricas de 10 y 14.
  - Puente eléctrico
  - Stilson 12.
  - Martillo de bronce.



Figura 23. Descripción de actividades para ajustador B.



Otra mejora que generó gran impacto fue el trabajo que realizamos sobre el layout para la preparación antes del cambio (actividades externas) esto con la finalidad de hacerlo lo más esbelto posible:

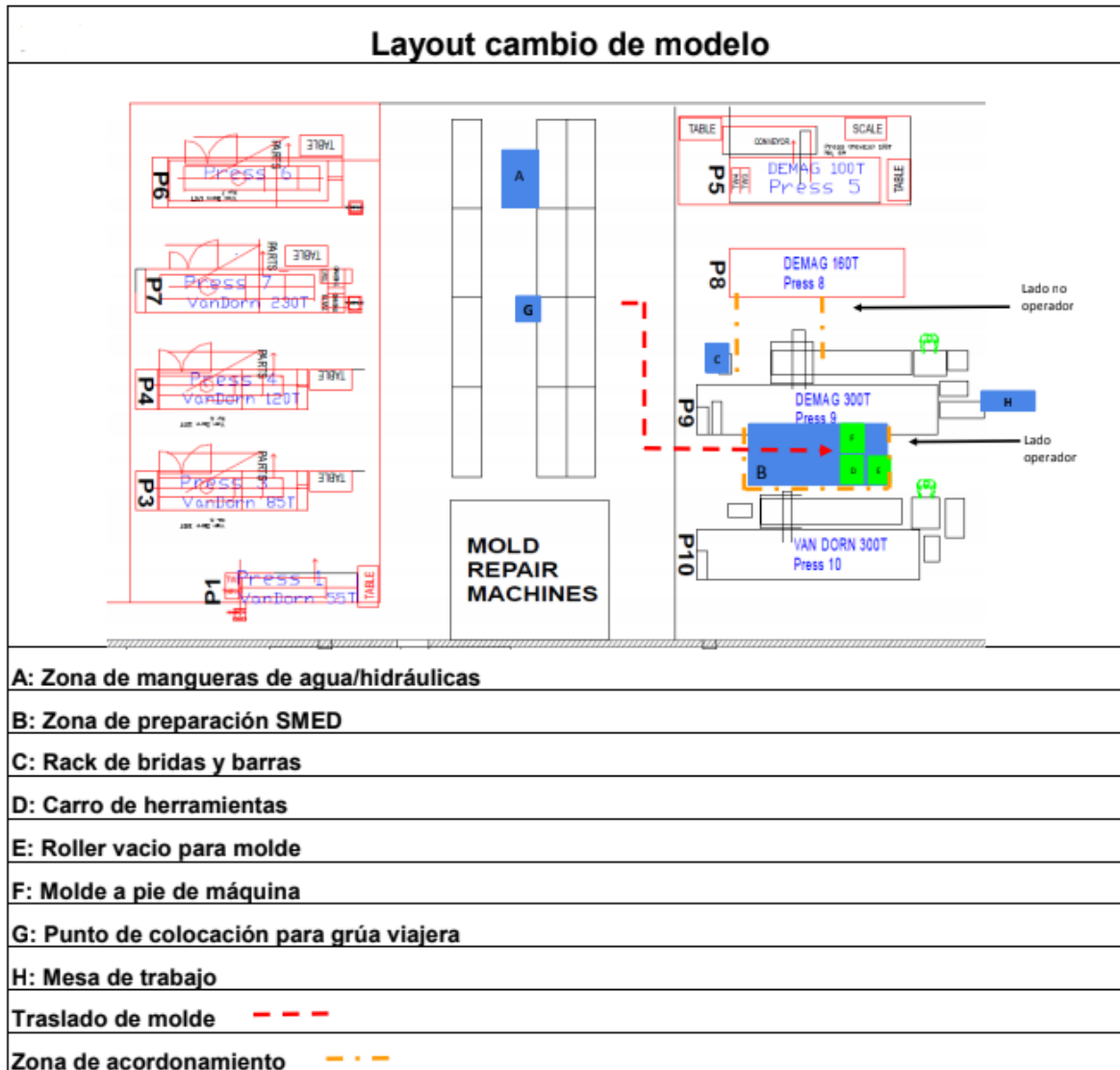


Figura 24. Descripción de actividades traslado de molde y preparación.

Una vez lista la descripción se entrenó a los ajustadores y se les realizó una evaluación:

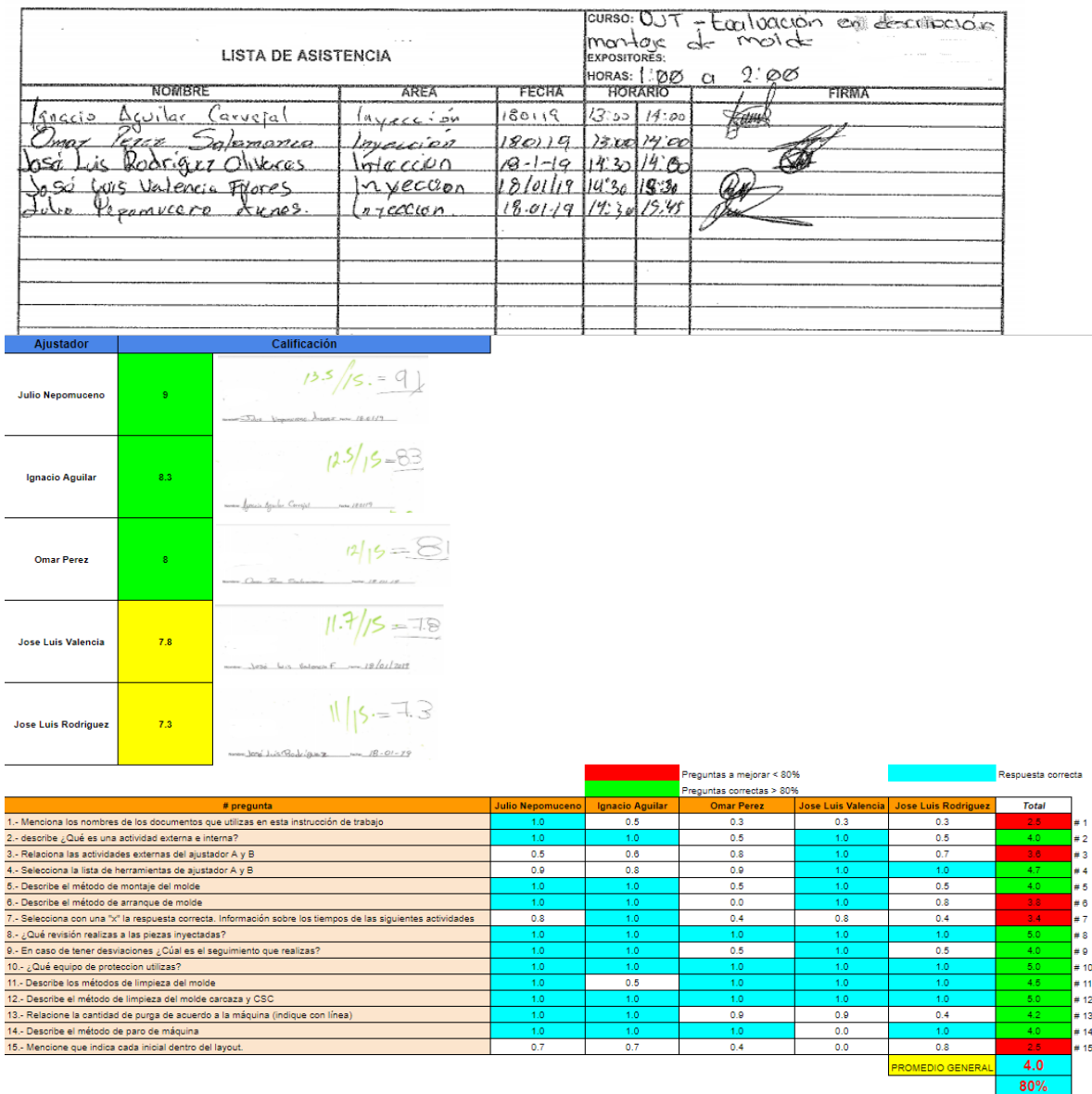


Figura 25. Evaluación a ajustadores de inyección.

Posteriormente se realizó un entrenamiento en base a la metodología EDAC, dónde supervisores, ajustadores e Ing. de procesos realizaron cambios de modelo en conjunto para demostrar la eficiencia de las mejoras organizacionales:



*Figura 26.* Ing. de procesos y ajustador realizando cambio de modelo.



*Figura 27.* Supervisor y ajustador realizando cambio de modelo.

Los resultados que obtuvimos fueron los siguientes:

<b>Taller SMED Inyectora 9</b>			
SMED DB07HD603AFPF a DB37BA1033AB			12/02/2019
Realizado por:	Abrahan Medina, Omar Perez		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
		1.4	1.4
SMED DB37BA1033AB a DB07HD605AEPF			13/02/2019
Realizado por:	Julio Nepomuceno, Omar Perez		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
Fecha del 2018	0.25	1.65	4
Facilitador tiempo por liberar FORD/guardar registros	0.25		
Liberación de la versión HD603 con resina incorrecta	0.12		
Ajuete por presentar porosidad las piezas	0.23		
Molde equivocado (Molde correcto MG1028AB) resina	1.5		
SMED DB07MG1028AB a A01232.1			14/02/2019
Realizado por:	Ignacio Agullar, Edgar Ramirez		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
Falta de apriete en barra expulsora	1	1.6	3.5
Cable dañado en señal de noyes	0.9		
SMED DB07AF606AFPF a DB37BA016B			08/03/2019
Realizado por:	Julio Nepomuceno, Omar Perez		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
Tiempo prolongado por purga de resina color negro a blanco	0.23	1.43	1.66
SMED DB37BA016B DB07HD603AFPF			08/03/2019
Realizado por:	Ignacio Agullar, Jose Luis Valencia		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
Ajuete proceso despues de 5 ciclos de maquina	0.17	1.63	1.8
SMED DB37BA033A a DB07HF604AGPF			19/03/2019
Realizado por:	Ignacio Agullar, Julio Nepomuceno		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
No detecta salida de noyes	0.05	1.38	1.5
Sensor no detecta presencia de puerta	0.07		
SMED DB30TN1006AB a DB37M9034A			
Realizado por:	Julio Nepomuceno, Omar Perez		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
		1.17	1.17
SMED DB37M9034A a DB37BA1032AB			
Realizado por:	Ignacio Agullar, Jose Luis Valencia		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
		1.46	1.46
SMED DB07AF611AHPF a DB07HD603AFPF			
Realizado por:	Ignacio Agullar, Jose Luis Valencia		
Desperdicio	Tiempo desperdicio	Tiempo Ideal	Tiempo total
Ajuete por problema de regosidad	0.17	1.70	2
Setter A revisa prensa 1 por falla.	0.13		
		<b>Tiempo objetivo</b>	<b>2.5</b>

Figura 28. Tiempos registrados después de varios ejercicios de cambio de modelo.

La imagen anterior muestra los resultados obtenidos después de 9 ejercicios de cambio de modelo, donde participaron los ajustadores, el ingeniero de procesos y los supervisores. Se puede apreciar que aunque el procedimiento de cambio de modelo se mejoró, aún siguen existiendo pequeños problemas provenientes de una organización que pinta cada vez más fuerte.

Sin embargo el tiempo objetivo se ha cumplido en 7 ejercicios de los 9 realizados.

Los principales puntos a atacar fueron:

- **Equivocación en resina, molde contaminado con otra resina. (1.5 horas, 2do ejercicio)**

Solución: integrar un procedimiento más robusto de purga del molde (no es la primera vez que sucede).

- **Falta de apriete en barra expulsora (1 hora, 3er ejercicio)**

Solución: se detectó un exceso de confianza en el ajustador, se realizó un re-entrenamiento específicamente en esa parte de apriete de barra.

- **Cable dañado en noyo (0.9 hora, 3er ejercicio)**

Solución: se implementó un mantenimiento autónomo por parte del operador, además de la revisión previa a entregar molde a producción por parte de mantenimiento a moldes.

#### Actividades Internas.

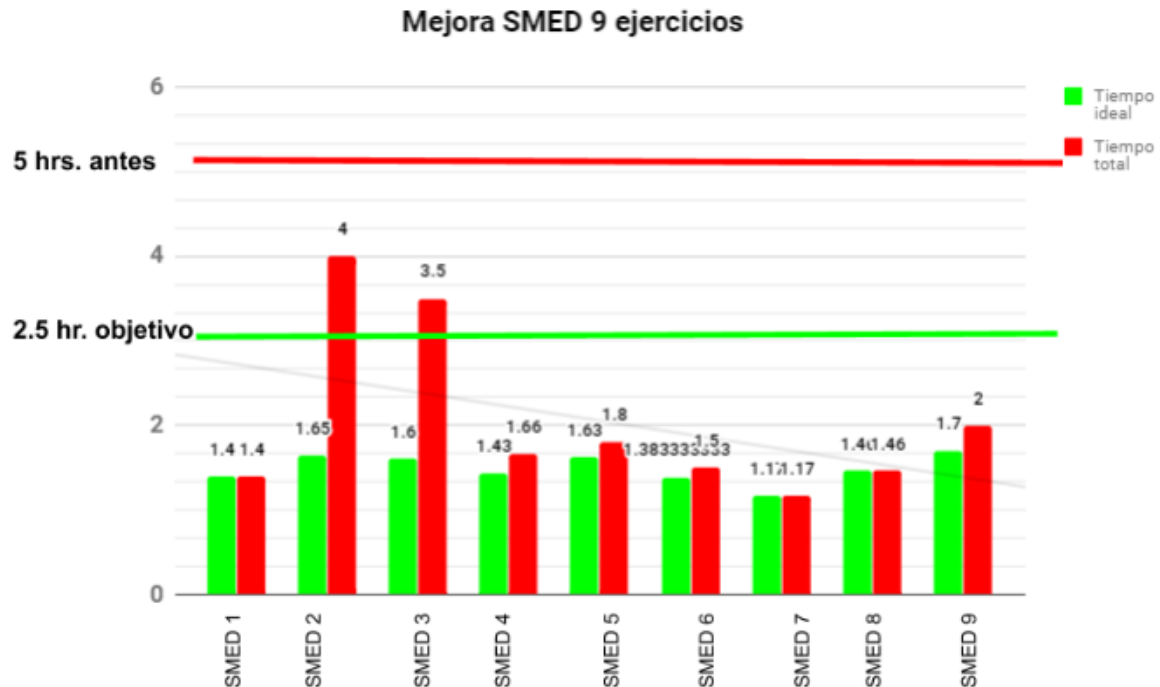
##### Ajustador A

1. Colocar prensa en modo semiautomático, para el último tiro, el ajustador debe asegurarse que se haya expulsado la última pieza y dejar el molde abierto.
2. Pasar a modo manual, retirar la unidad de inyección, vaciar el cañón y purgarlo con material suave (polipropileno o resina de purga).
3. Utilice la cantidad de purga como se muestra en la siguiente tabla:

Inyectora	Cantidad de purga
1	1.5 kg
3	1.5 kg
4	1.5 kg
5	1.5 kg
6	2.5 kg
8	2.5 kg
9	3 kg
10	3 kg
11	1.5 kg

Figura 29. Ejemplo de corrección de desperdicio

Sin embargo realizando un gráfico para visualizar cómo es que se vería el avance en los tiempos de cambios de modelo, resultó que tenemos lo siguiente:



*Figura 30.* Tiempos registrados vs objetivo tiempo cambio de modelo.

Estas pruebas fueron realizadas en el mes de Enero y mitad de Febrero, después de un monitoreo hasta el mes de Marzo hemos decidido sacar el gráfico histórico nuevamente en dónde podemos observar lo siguiente:

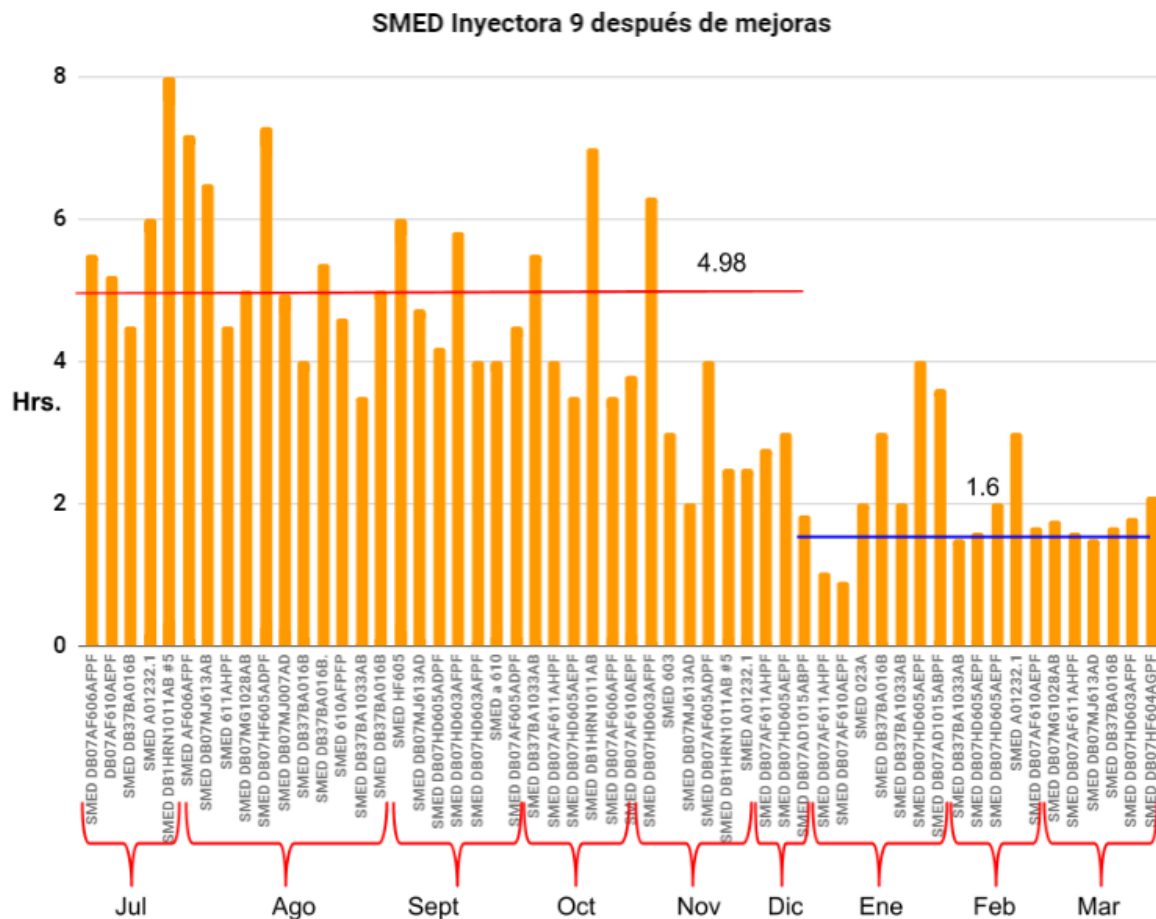


Figura 31. Tiempos de cambio de modelo desde Julio 2018 a Marzo 2019 en inyectora 9.

Analizando la gráfica podemos observar que la mejora ha surtido efectos y a pesar de que se sigue monitoreando el tiempo de cambio de modelo todavía se nos hizo interesante sacar un histórico mes x mes pero ahora considerando a todas las demás inyectoras y no crearán la mejora asombrosa que en equipo hemos realizado:

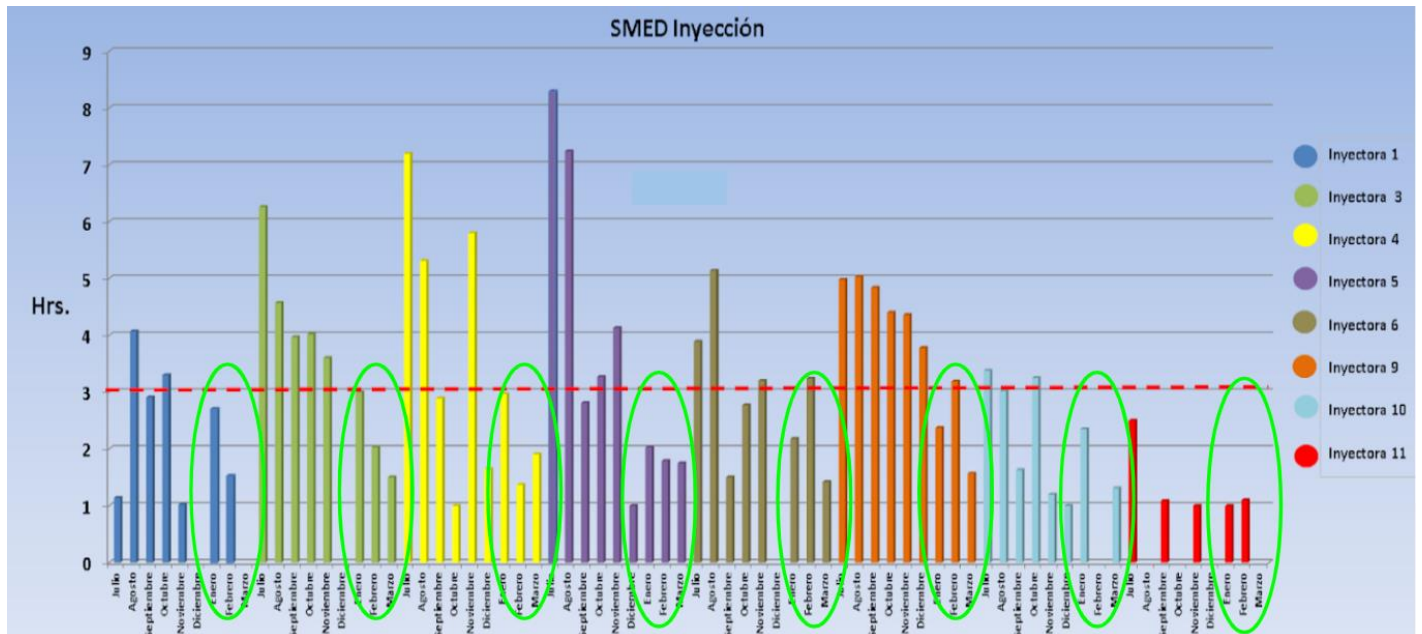


Figura 32. Tiempos de cambio de modelo desde Julio 2018 a Marzo 2019 en todas las inyectoras.

Analizando la gráfica podemos ver que a partir de Enero, no solo la inyectora 9 sino también todas las demás inyectoras presentan una mejora dónde redujeron su tiempo de cambio de modelo a un promedio menor a 2 horas. La mejora se ha replicado automáticamente en toda el área de inyección de plásticos.

Esta mejora solamente fue utilizando mejoras organizacionales... está pendiente la mejora técnica.

Para la mejora técnica no tuvimos suerte, la idea era la implementación de conectores rápidos para todos los moldes de la inyectora 9 e inyectora 6, además de unas platinas magnéticas solo para la inyectora 9. La proyección que se tenía era reducir el tiempo en la inyectora 9 de 1.6 horas a tan solo 35 minutos y en la inyectora 6 a 50 minutos, sin embargo esto no podrá ser cumplido debido a la falta de inversión no solo a nivel planta sino a nivel corporativo.



También cabe aclarar que con esta mejora se pudieron adaptar nuestros recursos a la demanda del cliente, reduciendo así un turno en esta área y generando un ahorro monetario de \$74 KUSD por la reducción de 4 personas directas y el inventario en proceso.

## Conclusiones

A partir de este trabajo se ha hecho un parte aguas en la empresa, ya que jamás se había realizado un estudio tan a fondo y a detalle sobre un taller SMED, el área de inyección de plásticos ha tenido una gran mejora en eficiencia y productividad, el aprendizaje que se llevan todos los personajes del equipo es muy grande y la satisfacción quedará impresa en cada uno de nuestros objetivos que hasta el momento hemos alcanzado.

Es una lástima el no haber podido obtener el apoyo para las mejoras técnicas ya que eso hubiera motivado más a todo el equipo, sin embargo creo que el haber podido cerrar el taller con ese nivel de mejora demostrado fue muy bueno. El taller ha demostrado que el trabajo en equipo, el liderazgo de cada uno de los integrantes y el arduo trabajo en las actividades personales de todos ha dado frutos y eso creo que nadie lo va a quitar.

Existieron diferentes retos dentro del taller como la re-planificación de varias juntas, cambios no planeados en la programación de cambios de modelo debido, una que otra ausencia por parte de algún integrante del equipo sin embargo como equipo se logró salir adelante.

El trabajo continua dentro de la empresa no solamente en el área de inyección, ahora el proyecto se tratará de reproducir en el área de maquinados y posteriormente a las áreas de ensamble.

Por parte del equipo creo que han crecido a comparación de cuando se empezó el proyecto muchos han conocido ahora como es que funciona un taller SMED y podrán ser capaces de liderar otros talleres de manera autónoma.

## Referencias

[1] V., Stephen. (2012). The Impact of Dr. Shigeo Shingo on Modern Manufacturing Practices. Publicado en “International journal of lean thinking” Diciembre 2012. Consultado en línea el 12 de Enero de 2019 en:

<https://vardeman.public.iastate.edu/IE361/f02mini/bumblauskas.pdf>

[2] Y., Dave. (2012). Single Minute Exchange of Die. Publicado en “International journal of lean thinking” Diciembre de 2012. Consultado en línea el 28 de Enero de 2019 en:

[http://passthrough.fw-notify.net/download/912666/http://thinkinglean.com/img/files/Single\\_Minute\\_Exchange\\_of\\_Dies\\_Literature\\_Review.pdf](http://passthrough.fw-notify.net/download/912666/http://thinkinglean.com/img/files/Single_Minute_Exchange_of_Dies_Literature_Review.pdf)

[3] Toyota official blog. (2013) Muda, Muri, Mura - Toyota Production System guide. Publicado en “THE OFFICIAL BLOG OF TOYOTA GB” Mayo de 2013. Consultado en línea el 10 de Marzo de 2019 en:

<https://blog.toyota.co.uk/muda-muri-mura-toyota-production-system>

[4] Rosato, Dominick. (2000). Injection Molding Handbook (3rd ed.). Consultado en línea el 15 de Marzo de 2019 en:

<https://books.google.com.mx/books?id=4VHxBwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Moldeo+por+inyecci%C3%B3n+TEMA+11:+MOLDEO+POR+INYECCI%C3%93N&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwist7eHufXhAhWkV98KHbUEC4AQ6AEIUzAG#v=onepage&q&f=false>

[5] Anguita Delgado, Ramón. (1975). Moldeo por inyección. España: Hermann Blume.

[6] Meng, Henrich. (1991). El plástico en la industria. Tratado práctico: moldes de inyección. España: Ediciones Gustavo Gilli.

[7] Taiichi Ohno. (1978). Toyota production system. Beyond large-scale production. Japón: Diamond, Inc.

[8] Toyota official blog. (2013) Genba - Toyota Production System guide. Publicado en “THE OFFICIAL BLOG OF TOYOTA GB” Mayo de 2013. Consultado en línea el 11 de Abril de 2019 en: <https://blog.toyota.co.uk/genba-toyota-production-system>

[9] Hosie, Ewen. (2016) ¿Cómo logran los equipos de F1 tardar menos de dos segundos en cambiar cuatro neumáticos? Publicado en BBC news Agosto de 2016. Consultado en línea el 12 de Abril de 2019 en: <https://www.bbc.com/mundo/vert-aut-36984988>