

## **Reducción de tiempos de preparación. Un enfoque práctico.**

**Florángel Ortiz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, fortiz@uc.edu.ve

### **Resumen**

*El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta práctica para reducir los tiempos de preparación de líneas de producción, a fin de mejorar su desempeño. Esta propuesta está basada en investigaciones en fábricas venezolanas siguiendo la metodología Smed de Shingo para la puesta a punto rápida. Los resultados demuestran que para alcanzar tales reducciones de tiempos es necesario balancear las actividades de los trabajadores involucrados en mismas y usar otras técnicas válidas de la ingeniería de métodos para la mejora continua. De la experiencia surgen recomendaciones prácticas a la metodología Smed para lograr buenos resultados al menor costo posible.*

**Palabras clave:** Puesta a punto, SMED, Mejora continua

### **1. Introducción**

Uno de los desperdicios más comunes en las empresas venezolanas lo representan los tiempos destinados a los cambios de producto debido, entre otras cosas, a la necesidad de compartir recursos destinados a la producción de artículos cada vez más diferenciados para satisfacer las diversas necesidades de los clientes. Dentro de la filosofía de producción justo a tiempo, es un requisito indispensable contar con sistemas de producción flexibles, con gran capacidad de adaptación a diversos modelos, sin embargo, sorprende que muchas de las empresas consumen más de una jornada de preparación para producir algún otro de sus modelos. Hace más de veinte años el Ing. Shigeo Shingo de la Toyota desarrolló una técnica exitosa para la puesta a punto rápida, conocida como SMED, sin embargo, en su aplicación se ha detectado la necesidad de adaptarla a los casos estudiados y combinarla con otras herramientas de la ingeniería industrial para mejores resultados. Por lo tanto, se plantea como objetivo del presente trabajo revisar los resultados en la reducción de los tiempos de preparación en las empresas a partir de casos prácticos y realizar una propuesta práctica de aplicación de la metodología en función a los elementos determinantes que deben ser considerados en este propósito de tener los mínimos tiempos de cambio.

### **2. Fundamentación teórica**

SMED es el acrónimo de Single Minutes Exchange of Dies, lo cual significa reducir los tiempos de cambios de matrices a minutos en un solo dígito, pero que en la práctica se refiere a la teoría y técnicas para llevar a cabo operaciones de puesta a punto en menos de 10 minutos (Burgos, 2005). La metodología fue propuesta por Shingo a raíz de su experiencia en el desarrollo del sistema de producción Toyota, el cual revolucionó el mundo de la manufactura. Uno de los grandes problemas que este ingeniero detectó para el logro de la producción “justo a tiempo” fue el hecho de que muchos cambios de modelo de producto tomaban un tiempo elevado de puesta a punto, refiriéndose a éste como el tiempo desde que se deja de producir el último producto A hasta el momento en que se obtiene el primer producto B bueno. Las fases

del SMED, tal como las propone Shingo (1993) para reducir sustancialmente estos tiempos, son las siguientes:

Fase 0: Recopilar toda la información necesaria sobre el cambio.

Fase 1: Separar operaciones internas en externas.

Fase 2: Convertir operaciones internas en externas.

Fase 3: Perfeccionar aspectos de la preparación.

Se entiende como operaciones internas aquellas que deben realizarse cuando la máquina no esté en funcionamiento y operaciones externas aquellas que pueden realizarse mientras la máquina esté funcionando. El autor propone el diseño de dispositivos mecánicos y eléctricos que permiten un anclaje rápido y repercuten en el logro de los objetivos, centrandose su atención en este aspecto.

El convertir operaciones internas en externas corresponde a la transformación de aquella actividad realizada con la máquina parada en una que pueda realizarse con la máquina en operación de manera que se avance así en el proceso de cambio.

Para el perfeccionamiento de los aspectos de la preparación se busca reducir o mejorar ambos tipos de operaciones, para lo que es preciso responder a preguntas tales como: ¿Es necesaria la tarea?, ¿Puede eliminarse?, ¿Son apropiados los procedimientos actuales?, ¿Son difíciles?, ¿Puede cambiarse el orden de las tareas?, ¿Pueden hacerse de forma simultánea?, ¿Es adecuado el número de personas?, ¿Cuál es la carga de trabajo de las personas que intervienen la máquina?

Al reducir los tiempos de preparación una empresa logrará aumentar la productividad, hacer el trabajo más simple y satisfactorio, ser más competitiva, ser flexible, es decir, producir las cantidades necesarias de cada producto reduciendo los inventarios y los costos que representan.

### **3. Metodología**

Se seleccionan dos de los casos estudiados por la autora en los últimos cinco años, tomando en cuenta que son los que más se diferencian en cuanto a participantes, naturaleza de las empresas involucradas y momentos de estudio. Se comparan sus resultados de manera de contrastarlos y determinar los elementos comunes y no comunes en los mismos, reconociendo las herramientas empleadas para el análisis. De esta manera se sugieren recomendaciones a tener en cuenta al momento de aplicar la metodología.

### **4. Resultados**

En la situación actual de las empresas estudiadas, la relación entre el tiempo de puesta a punto de la línea (actividades que no agregan valor) y el tiempo de proceso de un lote promedio (actividades que agregan valor) es ligeramente mayor a uno, lo que quiere decir que se consume más tiempo en preparar la línea que en producir. Esto es inconveniente porque aumenta los costos por unidad procesada, desalienta el trabajar con lotes pequeños y dificulta la adaptación a cambios de la demanda.

La secuencia de las actividades y la manera de realizarlas se basa en la experiencia del personal de la línea, tanto de los mecánicos como de los operarios. Al no estar normalizada la operación siempre se hace de manera diferente, ya que no existe un patrón a seguir. Las operaciones relacionadas con el cambio de piezas y ajustes recaen sobre el mecánico de la línea.

A continuación se describen brevemente los casos y los resultados en la aplicación en cada fase de la metodología Smed, con las fases 0 y 1 unificadas para efectos prácticos .

#### **4.1. Empresa 1: Planta de Productos No Penicilínicos**

Orientado al análisis de la operación de puesta a punto de una línea de producción farmacéutica para generar propuestas de mejoras a fin de reducir en al menos un 15% los tiempos de preparación (Yllada, Sira y Nuñez, 2004). Los resultados en la aplicación de la metodología son los siguientes:

Fase 1: La operación de preparación de la línea no se encuentra normalizada, por lo que no existe una guía de la secuencia de actividades a realizar. Hay procedimientos de limpieza, cambio de materiales, operación de las máquinas; pero éstos no engloban la totalidad del cambio, y no indican cómo se compaginan las distintas actividades de la puesta a punto ni en que orden se deben cambiar las piezas. Se utiliza un diagrama de gantt para registrar las actividades realizadas según secuencia acordada.

Fase 2: Se propone convertir en actividades externas la preparación de piezas y codificación del lote, la búsqueda de piezas se debe realizar antes de la puesta a punto y guardar piezas. Al finalizar el mecánico almacenará las partes en su respectivo lugar.

Fase 3: Reasignar las actividades de puesta a punto y normalizar las actividades utilizando nuevamente el diagrama de gantt.

#### **4.2. Empresa 2: Planta de Contenedores Plásticos**

En este caso se trató de reducir la puesta a punto de las máquinas de impresión de contenedores plásticos, en una empresa fabricante de distintos tipos de envases para productos alimenticios y químicos (Barroeta, 2007).

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Fase 1: Se representa en un diagrama de gantt la realidad en la ejecución de las actividades determinando que solo una de las tres operarias encargadas de la actividad realiza la operación crítica. Se usa un diagrama de cuadrillas para representar la situación actual.

Fase 2: La puesta a punto de la máquina de impresión es un proceso que requiere la realización de ajustes que solamente pueden ser ejecutados cuando está detenida, ya que se deben retirar todos aquellos elementos que son característicos de cada arte de impresión tales como planchas, tintas y mantillas, y también se debe realizar la limpieza de partes internas y no retirables de la máquina.

No se descarta ejecutar esta fase en la fase 3 dentro de las actividades internas.

Fase 3: De acuerdo con el análisis realizado la causa principal de los tiempos elevados de la limpieza de la fuente es el deficiente aprovechamiento de los recursos laborales, ya que esta operación es realizada generalmente por una sola operaria. En búsqueda de una solución viable se plantea la redistribución de la carga laboral de la operación. Como parte del ajuste de los recursos laborales se realizaron dos propuestas cuya diferencia radica en la asignación de personal para la limpieza de la fuente. En esta fase se realiza:reasignación de actividades entre las operarias, rediseño de elementos mecánicos de la máquina y dispositivos poka yoke para evitar errores, adquisición de juegos adicionales de herramientas de máquina, procedimiento a prueba de error para la preparación de las tintas, aplicación de las 5S y estandarización del método de trabajo.

### 4.3. Comparación de resultados

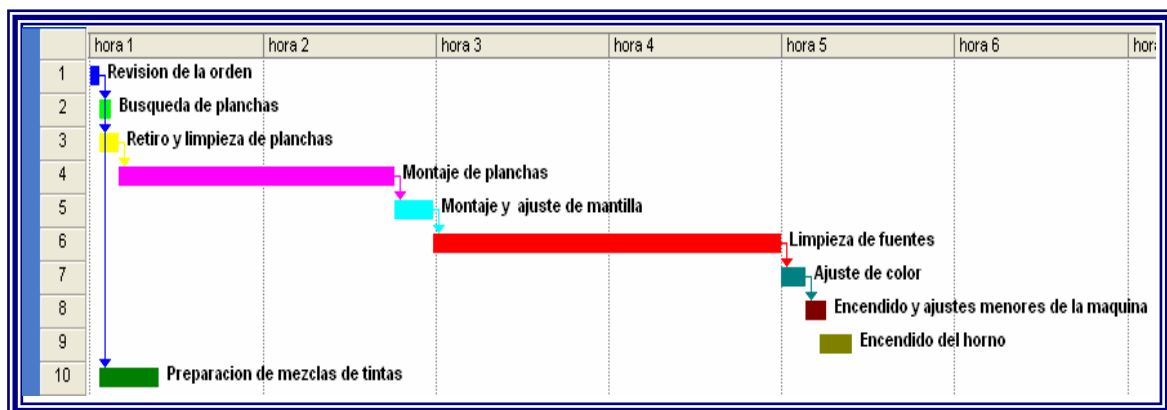
En la Tabla 1 se resumen los resultados de las experiencias de aplicación de la metodología en ambos casos.

**Tabla 1.** Experiencia de aplicación del SMED

Etapas del Smed	Empresa 1	Empresa 2
1. Separar preparaciones interna e externa	Uso del Diagrama de Gantt	Uso del Diagrama de Cuadrillas
2. Convertir interna en externa	Operaciones de buscar y organizar. Aplicación de 5S de orden y limpieza.	No se aplicó por las complejidades técnicas de la máquina.
3. Perfeccionar aspectos de la preparación	Diagrama de Gantt para balancear cargas de trabajo y normalizar método.	Redistribución de cargas de trabajo, dispositivos poka yoke, orden y limpieza y normalización.

Como se puede apreciar, en ambas empresas se unifican las fases de recolección de información y de separación de las operaciones internas y externas, ya que en la práctica al ir observando las actividades se pueden ir clasificando. Vale destacar que en general en las empresas observadas las actividades externas son casi nulas ya que cuando se detiene la producción del modelo A es cuando se activa el proceso de preparación para producir el modelo B.

Las herramientas usadas en esta fase fueron gráficas, ya que permiten la mejor visualización del proceso y para su uso apropiado se requiere la determinación de la secuencia de las operaciones, sus precedencias y recursos empleados (tiempo, materiales, personal). Mientras en el primer caso se utiliza un diagrama de Gantt (Figura 1), en el segundo caso se recurre a la herramienta denominada diagrama de cuadrillas, para comprender mejor la relación en el equipo involucrado en el cambio.

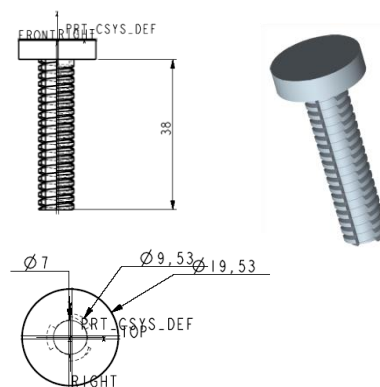


**Figura 1.** Diagrama de Gantt de las actividades de preparación

En la segunda fase, el reto de convertir operaciones internas en externas, se logra para la primera empresa porque en el proceso de cambio están incluidas una serie de actividades manuales independientes de la máquina por lo que es posible realizarlas mientras la misma está aún produciendo el modelo A. En la segunda empresa esto resulta más difícil porque las actividades en su mayoría tienen que ver con la máquina, es decir, reemplazo de piezas de la misma, y se requiere por tanto que la máquina esté detenida. En este último caso se apuesta más por la reducción de los tiempos de cambio a través de dispositivos para el cambio y rediseño de los herramientales.

En cuanto a la tercera fase, se observa que el perfeccionamiento de las actividades se fundamenta en mejoras en cuanto a la asignación de la carga de trabajo entre los operarios que intervienen, así como la utilización de dispositivos de anclaje rápido y técnicas de organización y distribución de las áreas de trabajo. Finalmente, para evitar ajustes finales se llega a la necesidad de crear registros de la tarea, ya sea utilizando las mismas herramientas utilizadas para el registro inicial o cualquier otro medio de documentación del proceso.

En la Figura 2 se muestra una de las propuestas más sencillas en cuanto al uso de herramientas de anclaje rápido, representada por un tornillo acanalado.



**Figura 2.** Uso de tornillos de rosca acanalada para facilitar su anclaje

En ambos casos se estima la reducción del tiempo de preparación a partir de las mejoras sencillas y económicas que se proponen. A manera de ejemplo se presentan los resultados comparativos entre la situación actual y la propuesta. Los tiempos de la situación propuesta se estiman a partir de la simulación de las actividades. En la Tabla 2 se presenta un cuadro comparativo, en el cual se puede apreciar el gran ahorro obtenido con las mejoras.

**Tabla 2.** Comparación entre los tiempos de preparación en la situación actual y la propuesta en empresa 2

Operación	Tiempo (min.)	Tiempo Estimado (min.)	Diferencia
Revisión de la orden	3.1	3	0.1
Búsqueda de planchas	4.05	4	0.05
Retiro y limpieza de planchas	6.37	6	0.37
Montaje de planchas	95.67	2	93.67

Montaje y ajuste de mantilla	13.56	6	7.56
Limpieza de fuentes	120.67	35	85.67
Ajuste de color	8.55	8	0.55
Encendido y ajustes menores de la máquina	7	7	0
Encendido del horno	11	11	0
Preparación de mezclas de tintas	20.57	15	5.57
Total (min.)	290.54	97	193.54
Total (h)	4.84	1.62	3.23

Este ahorro de tiempo de más de un 60% tiene un gran impacto en el desempeño de la organización, porque el tiempo invertido en cambios de modelos puede ser ahora aprovechado para realizar efectivamente la producción. Es importante destacar la necesidad de involucramiento del personal que interviene en el cambio, ya que estos resultados solo serán posibles con el compromiso de los operarios y su disposición al trabajo en equipo.

El método propuesto basado en las mejoras ofrece los siguientes beneficios para ambas empresas:

- Aumento de la producción.
- Ambientes ordenados y limpios.
- Facilitar el trabajo de los mecánicos y operarios, y la labor de los supervisores.
- Formación de operarios integrales, capaces de manejar y preparar toda la línea.
- Método de entrenamiento para personal nuevo.
- Menor uso de herramientas evitando invertir el tiempo en cambiarlas, buscarlas, reduciendo la posibilidad de pérdidas de las mismas.
- Prevención de errores y confusiones.
- Aumento de la flexibilidad ya que al tener tiempo de preparación más cortos, la línea puede responder más rápido a cambios de última hora.
- Capacidad de cumplir con los requerimientos de producción de una manera más rápida.
- Mejor uso de los recursos tiempo- hombre- máquina.
- Mejor calidad del producto.

## **5. Propuesta práctica de aplicación de la metodología SMED**

La experiencia en estos dos casos representativos de la más de decena de estudios en los que han participado la autora y las particularidades en la aplicación de la metodología Smed en cada uno de ellos, permite sugerir una propuesta para la aplicación de la misma consistente de tres pasos esenciales.

1. Recopilar la información sobre el proceso de cambio identificando las preparaciones interna e externa.

En esta etapa se puede hacer uso de herramientas para el registro y análisis de las actividades que normalmente se aplican en el caso de las actividades productivas, como son los diagramas de bloques, proceso, operaciones, pero sobre todo de aquellas que se utilizan para las actividades múltiples como los diagramas de cuadrillas y de hombres-máquinas. También se recomienda los diagramas de gantt, pareto y causa-efecto. Es importante la filmación de las actividades para proceder a revisar los aspectos clave de la preparación toda vez que no son actividades repetitivas que puedan retomarse fácilmente (Niebel y Freivalds, 2004).

La convocatoria de reuniones con el personal como método de recolección de datos es una de las maneras más versátiles y prácticas de detectar oportunidades de mejora en un proceso y de establecer nuevas estrategias que mejoren la relación interpersonal del equipo de trabajo.

2. Convertir preparaciones internas en externas y reducir el tiempo de cada una de ellas.

Establecer las propuestas de mejoras con base en las actividades críticas detectadas, con el fin de corregir los actuales métodos de trabajo que influyen negativamente en la ejecución de las labores de puesta a punto. Se busca establecer un método de trabajo que agilice el desarrollo de las operaciones y que permita controlar las variables involucradas en el proceso, así como reducir los tiempos implicados en cada tarea.

Es importante realizar la evaluación de las propuestas en cuanto a su factibilidad técnico-económica. Dentro de los aspectos a considerar se tienen: costos asociados, beneficios y recuperación de la inversión.

Para balancear mejor las actividades de puesta a punto, evitar la espera por la preparación de las máquinas y aprovechar mucho más al recurso humano asignado a la línea, se propone hacer las reasignaciones de actividades de operaciones que sean necesarias.

El uso de metodologías para el orden y limpieza es una forma de aumentar la eficiencia en los lugares de trabajo, generando un ambiente más apropiado para la producción y evitando la pérdida de tiempo en búsquedas de herramientas.

El diseño de los herramientas de máquinas, utilización de herramientas automáticas, dispositivos poka-yoke, son alternativas para la disminución significativa de las actividades.

3. Normalizar la actividad de preparación.

Una vez diseñadas las mejoras para la preparación de la línea, se propone la documentación de la secuencia del proceso. Estos documentos deben estar al alcance de cada uno de los operadores de la línea, y en ellos se define cuáles son las actividades, en que orden se realizan, tiempos promedios de ejecución, tipo de operación e información adicional como referencia a procedimientos específicos.

Una de las consideraciones importantes es que al tener organizado tanto el proceso como las piezas, y documentada la puesta a punto, no debe haber cabida para las dudas, errores o confusiones. Por lo tanto, se elimina el tiempo perdido por no tener las herramientas a la mano, confusión de piezas, desorden en el almacenamiento, dudas con respecto a los datos de cambio, inspecciones innecesarias de máquina, entre otras actividades improductivas.

La estandarización de procedimientos hace posible la eliminación de los ajustes a criterio de los operarios y la sustitución de éstos por procedimientos de ajuste que tomen como referencia un parámetro predefinido.

La utilización de manuales como herramienta de estandarización representa un método sencillo para la formación del personal a la línea de producción, especialmente para el de nuevo ingreso a la empresa. En estos manuales se pueden utilizar las mismas herramientas

con las que se registró el proceso en la primera fase de manera que constituyen la nueva referencia para la mejora continua de los cambios.

## **6. Conclusiones**

La aplicación de la metodología SMED en conjunto con otras técnicas de mejora continua contribuye ampliamente a la generación de soluciones prácticas para la disminución de tiempos de puesta a punto.

Sin embargo, la realidad venezolana y el grado de competencia de los ingenieros industriales han establecido en la práctica que las posibilidades de mejora implican no sólo el diseño y construcción de dispositivos, sino también el balance de la carga laboral y el rediseño de los métodos de operación actuales lo cual enriquece las posibilidades de aplicación de esta metodología.

El factor humano es muy importante para la mejora continua. Involucrar al personal, entrenarlo e incentivarlo, es indispensable para lograr que los tiempos de preparación se reduzcan drásticamente. Shigeo Shingo en su experiencia en la empresa Toyota logró su meta de hacer posible cambios en menos de 10 minutos, pero se debe considerar que esta empresa no escatimó en las inversiones necesarias para modificaciones de costosas matrices y herramientas, y que se apoyó en una cultura de trabajo en equipo que aún falta mucho para desarrollar en nuestros ambientes de trabajo. La meta es seguir trabajando para lograr mejores resultados pero la gran barrera a superar es precisamente las barreras que imponen los operarios por lo que el trabajo técnico debe estar acompañado en el trabajo organizacional.

## **Referencias**

Barroeta, M. (2007). Propuesta de mejoras para la disminución de tiempos de puesta a punto de máquinas de impresión de pailas. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Burgos, F. (2005). Ingeniería de Métodos. Calidad. Productividad. 5<sup>a</sup> edición, Dirección de Medios y Publicaciones. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Niebel, B. y Freivalds, A. (2004). Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega. 11<sup>a</sup> edición. México.

Shingo, S. (1993). Una revolución en la producción: El Sistema SMED, Traducción de Antonio Cuesta Álvarez. 3ra edición, Tecnologías de Gerencia y Producción S.A, Madrid.

Yllada, R., Sira, S. y Nuñez, C. (2004). Aplicación del Diagrama de Gantt para la disminución de los tiempos de puesta a punto. Proceedings de la 12 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana. Cuba.