



## REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE SET-UP A TRAVÉS DE LA TÉCNICA SMED EN UNA LÍNEA

Alicia García Torres<sup>a</sup>, Flor Mariana Hernández Miranda<sup>a</sup>, Ma. Trinidad Martínez Soto<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Gto., [algarcia@itesi.edu.mx](mailto:algarcia@itesi.edu.mx), [industrialhdez@hotmail.com](mailto:industrialhdez@hotmail.com), [mamartinez@itesi.edu.mx](mailto:mamartinez@itesi.edu.mx)

### RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada con el objetivo de implementar la técnica de SMED, de las siglas en inglés single minute Exchange of die (cambio de dados en un minuto) en un área de maquinado en una línea de pistones de acero, con el objetivo de reducir los tiempos de cambio de modelo y así incrementar la eficiencia de la línea. Actualmente existe la necesidad de satisfacer los requerimientos del cliente en cuanto a la cantidad de piezas maquinadas. La metodología empleada considera las contribuciones realizadas al trabajo de Shigueo Shingo precursor de esta técnica además de las contribuciones de otros autores contemporáneos y con la consideración del indicador de eficiencia global del equipo (OEE) para evaluar la efectividad de la puesta en marcha de la operación en el turno y con la calidad requerida. Los resultados obtenidos fueron la reducción del tiempo en el cambio de modelo de un 62% y un mejoramiento de la eficiencia del equipo de un 20%. La presente investigación servirá de base para futuros estudios de optimización y reducción de costos.

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores críticos de éxito de las empresas es que deben estar orientadas a satisfacer los requerimientos de los clientes, los mercados globales cada vez se tornan más exigentes y competitivos siendo algunas de sus necesidades actuales el realizar la manufactura en un tamaño de lote pequeño de producción, obtener menor tiempo de respuesta en sus procesos y una reducción de costos. Cruz, J. y M.H. Badii (2004) enumeran que es por ello que las empresas requieren implementar estrategias de mejora de disminución de costos, incrementar la calidad, la flexibilidad y los tiempos de respuesta. La manufactura esbelta está enfocada al mejoramiento de los procesos de manufactura eliminando los desperdicios y actividades que no agregan valor, permitiendo incrementar su productividad y rentabilidad. SMED es una herramienta de manufactura esbelta enfocada a minimizar los tiempos de preparación de las máquinas al hacer el cambio de un producto a otro típicamente conocido como set-up. B, Sashikant (2014) define set-up como el tiempo de paro entre el último producto que produce A y el primero de calidad que produce B, por tanto, el empleo del SMED es una competencia. Nicholas (1998) enumera que los beneficios principales de la reducción de los set-up son mejor calidad, reducción de costos, mayor flexibilidad y reducción de tiempo de ciclo.

SMED considera 4 etapas en la metodología original a) identificar las actividades internas y las actividades externas, b) convertir las actividades internas en externas, c) mejorar todos los aspectos del Set-Up, y d) eliminar el Set-Up Shingo (1985), además de tomar en cuenta las contribuciones de herramientas de ingeniería para apoyar el SMED Shingo (1989). En el caso de estudio de Koichi Hotta (2006) utilizó la metodología (ECSR) de eliminar, combinar, reorganizar y simplificar para reducir el tiempo perdido con cambios de producto. Mileham (2004) propuso la diferencia del periodo de ajuste (set-up) y el periodo de arranque (run-up) para un rápido alistamiento de la máquina (changeover). Eric Costa (2013) utiliza una metodología de 9 pasos:



observación inicial, dialogo con el operador, videograbaciones, diagrama de secuencia, diagrama de espagueti, separar las actividades internas y externas, convertir las actividades internas en externas, racionalizar las actividades internas y externas y análisis de resultados y que con ayuda de otras herramientas de manufactura esbelta tales como 5 'S, administración visual y trabajo estandarizado logra obtener mejoramientos significativos.

El presente documento describe la forma en que fue implementado el SMED considerando las anteriores contribuciones, Adicional a lo anterior, la presente investigación evalúa la efectividad al medir la eficiencia global al equipo (OEE) en los resultados actuales y finales.

La presente investigación fue realizada en el área de maquinado de pistones de acero, a través de un diagrama de Pareto se identificó que de las operaciones realizadas en esa área, la operación 40 correspondiente al torneado final oval, acabado de falda y cabeza y acabado de 1ra y 2da. ranura representaba un cuello de botella, se analizaron las causas y se identificó que del tiempo total de paros mensual las causas más significativas con un promedio de 64.6 % fue el cambio de herramienta y en ajustes un promedio de 17.5 % (ver Figura 1). El caso de negocio fue incrementar la producción de la línea un 35 % con el objetivo de satisfacer los requerimientos actuales de los clientes utilizando como estrategia la implementación del SMED para disminuir los tiempos de paro.

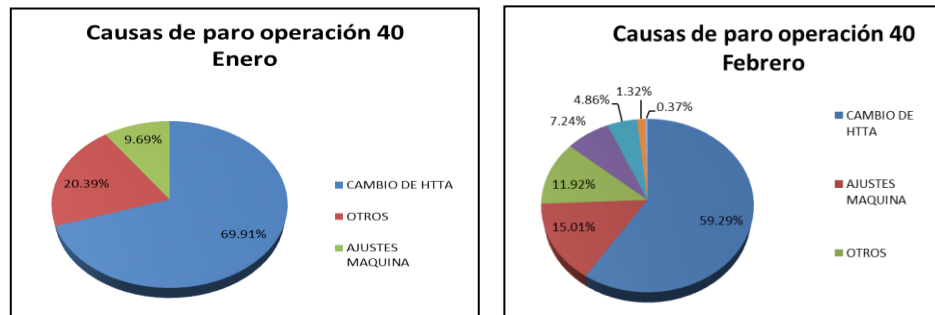


Figura 1 Principales causas de paro de la operación 40.

En la siguiente sección se encuentra la descripción del método que fue empleado en la investigación, en la sección 4 se desarrolla la metodología empleada, posteriormente en la sección de discusiones se enumera el análisis obtenido de los resultados respecto a las anteriores contribuciones, finalmente se enumera la conclusión y trabajo futuro.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

A continuación se enumeran las etapas de la metodología empleada.

- Etapa preliminar: incluye las siguientes actividades; videograbación de la operación, análisis con cronómetro, diagrama de secuencia, diagrama de espagueti, conocer la media y la variabilidad, Identificar las causas de la variabilidad y estudiarlas, entrevistas con operarios y preparador, lluvia de ideas con los trabajadores, eficiencia global del equipo (OEE) actual.
- Separar las actividades internas de las externas: se empleará el Diagrama de ECRS (eliminar, reducir, combinar y simplificar)
- Convertir las actividades internas a externas: se efectuará la localización de actividades paralelas
- Optimización de actividades internas y externas
- Diseño de los métodos de trabajo
- Validación del procedimiento y documentarlo



### 3. PARTE EXPERIMENTAL

Etapa preliminar. La primera acción fue tomar en video la operación 40 del cambio de modelo desde un enfoque que permitió analizar a detalle los movimientos y las actividades que se efectúan en el cambio de herramienta realizando 3 réplicas. Fue realizado un diagrama de espagueti, mediante una distribución de planta actualizada en la que se plasmó el recorrido que el operador realiza para hacer el cambio de las herramientas, se estudiaron las condiciones actuales del cambio a través de un análisis con cronometro obteniendo los indicadores actuales de los tiempos de cambio, la media y desviación estándar. Se identificaron las causas de la variabilidad y se estudiaron y analizaron en equipo con los operadores y los técnicos y se midió la eficiencia global del equipo (OEE). En la tabla 1 de resultados iniciales del SMED, se enumeran los resultados actuales.

Concepto	Actual
Número de actividades	42
Tiempo de ciclo	967 seg. $\pm$ 0.8
Distancia	114 mt.
OEE (eficiencia global)	69.91%

Tabla 1 Tabla de resultados iniciales del SMED

*Separar las actividades internas de externas*, se realizó un listado de las actividades secuenciales realizadas durante el cambio de modelo para poder identificar cuáles son internas (realizadas durante un paro de máquina) y externas (ejecutadas durante la operación normal de la máquina). Se aplicó la herramienta del diagrama de ECRS (eliminar, reducir, combinar y simplificar) para realizar la clasificación. En la tabla 2 Resumen de las operaciones y su clasificación, se presenta el resumen del análisis de la operación 40.

ACTUAL				ANALISIS										
No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	DISTANCIA (mts)	EA	IA	VA	SVA	NVA			MEJORAS			
											ELIMINAR	COMBINAR	REORGANIZAR	SIMPLIFICAR
						Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje				
OP. 40	42	967	114	13	29	16	7	9	10	0	✓	✓	✓	✓

Tabla 2 Resumen de las operaciones y su clasificación

*Convertir las actividades internas a externas*. Las actividades internas que pudieron cambiar a externas fueron modificadas para el caso de acabado de landa y falda, ya que estaban relacionadas con el recorrido para realizar la inspección. En el caso de acabado de primera y segunda ranura, se modificaron las actividades radicalmente, tomando el principio de que la operación 50 es abastecida de material por la operación 40 y se queda sin maquinar cuando se realizan los cambios de herramienta, se hizo un acomodo mediante un método de trabajo que permite garantizar el trabajo en equipo de dos operadores para realizar el cambio de la herramienta, aquí se eliminaron recorridos para inspección y las actividades internas que se generan de la búsqueda de herramientas. En este punto también deben ser eliminadas las actividades que no agregan valor. Para el caso de landas y falda, se eliminaron un total de 14 actividades, generando un ahorro en tiempo de aproximadamente 193 segundos, cerca del 20% del tiempo total del cambio, ver figura 2 Actividades eliminadas en la operación 40. Lo que



concierno al cambio de herramienta en acabado de 1ra. y 2da ranura, se eliminaran 198 segundos lo que corresponde al 23% del tiempo total del cambio de herramienta de 1er.y 2da. landa.

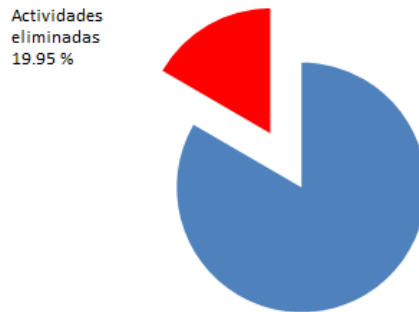


Figura 2 Actividades eliminadas en la operación 40

*Localizar actividades paralelas.* Las actividades paralelas son aquellas actividades que se pueden realizar simultáneamente. Este punto tuvo mayor relevancia en el caso del cambio de herramienta en la de la 1er. y 2da. Landa un total de 14 actividades se pudieron combinar, Ver fig. 3. Actividades combinadas en 1er. y 2da. Landa.

No	ACTIVIDADES	TIEMPO (seg)	DISTANCIA (mts)	EA	IA	pc
2	Sopletear la parte inferior de la máquina y la pieza maquinada.	20			✗	✓
4	Sopletear los insertos.	10			✗	✓
15	Abrir puertas y sopletear parte superior de la puerta y pieza maquinada.	11		✗		✓
20	Sopletear la pieza maquinada.	13	3	✗		✓
29	Mover el husillo y torreta en modo manual.	43			✗	✓
32	Abrir puerta y sopletear la parte superior de la puerta y la pieza maquinada.	21		✗	✗	✓
33	Sacar pieza y caminar a mesa de inspección de la Op.40.	10	19	✗		✓
34	Medir la pieza maquinada sin normalizar del diámetro de clasificación	5		✗		✓
36	Ajustar con el master para medir el diámetro diámetro de clasificación	20		✗		✓
37	Esperar a que se normalice la pieza en chiller.	14		✗		✓
38	Medir la pieza maquinada en el dispositivo del diámetro de clasificación.	16		✗		✓
39	Sopletear la pieza maquinada.	10	3	✗		✓

Figura 3 Actividades combinadas en 1er. y 2da. Landa

Para ello se analizaron las actividades buscando optimizar en recurso transformándolas en paralelas, identificando 396 segundos de actividades que pueden hacer paralelas, con ello se espera que el tiempo se reduzca la mitad, se estima que se ahorraría el 23% del tiempo total.

*Optimizar las actividades internas y externas.* Para ambos cambios de herramienta se analizó a detalle el acomodo de los materiales que se utilizarán para el cambio a pie de máquina, todas las herramientas deberán estar en el carro de apoyo ordenadas en forma de uso de izquierda a derecha favoreciendo el acomodo del montaje y desmontaje de los porta herramienta y con la secuencia que se realiza el cambio. De forma tal que operador retirará el porta herramienta usado y lo colocará en la parte derecha del carro, y tomará el porta herramienta por montarse la parte izquierda.



*Diseño de los métodos de trabajo.* En esta etapa se realizó un estudio de movimientos para eliminar aquellos pasos innecesarios al procedimiento, con el equipo de mejora, se realizaron sesiones de lluvias de ideas donde se compilaron las ideas de mejora para que sea más eficiente el procedimiento, posterior a ello y tomando en cuenta los principios de ingeniería de métodos se diseñó el nuevo método de cambio de herramientas.

*Validación del procedimiento y documentarlo.* La validación trascurrió en dos meses, dado la urgencia e importancia del proyecto, se realizaron 3 réplicas para obtener el análisis de los siguientes indicadores: tiempo de ciclo del SMED, número de personas, piezas maquinadas por día y eficiencia global del equipo (OEE). Los resultados finales fueron los siguientes, ver tabla 3

Concepto	Resultado Final
Número de actividades	10
Tiempo de ciclo	600 seg. $\pm$ 0.32
Distancia	23 mt.
OEE (eficiencia global)	89.82%

Tabla 3 Resultados finales

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos tuvieron un efecto considerable en el tiempo de cambio de modelo, se alcanzó la cantidad de requerimientos del cliente a 3100 piezas maquinadas semanales, lo que incrementa la eficiencia en un 20% promedio más de enero a abril, se disminuyó el tiempo de cambio de herramienta en un 62% con referencia a los meses de enero y febrero, la eficiencia global de toda la línea se incrementó un 30 %. Estos resultados pudieron demostrar que la aplicación de la metodología fue significativa, el presente estudio servirá como base para las empresas que tengan problemas similares en sus áreas de manufactura.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Cruz, J. y M.H. Badii SMED El camino a la flexibilidad total. Innovaciones de Negocios 1(2): 277-28, 2004.
2. Koichi Hotta, Hideki Kataoka, and Tsunehiko Yokoi. Kyushu-Kumamoto Plant, Suntory Ltd., 478 Hachimansui, Kitaamagi, Kashima-machi, Kamimashiki-gun, Kumamoto 861-3104, Japan Development of a High-Productivity Hybrid Canning Line at
3. Shashikant Shinde et. al. Sep-up time reduction of a manufacturing line using SMED technique. International Journal of Advanced Industrial Engineering. Vol. 2, No. 2 (june2014).
4. Shingo Shigueo” Revolution in Manufacturing: The SMED System” Productivity Press, Apr 1, 1985 pp. 33
5. Shigeo, Shingo, El Sistema de Producción TOYOTA desde el punto de vista de la ingeniería, 3rd Edición, Productivity Press, Madrid 1989 (90-107)
6. Suntory’s New Kyushu-Kumamoto Plant. MBAA TQ vol. 43, no. 1, 2006, pp. 42-46
7. Mileham, A.R; Culley, S.J, Owen, G.W; Newnes, L. B.; Gless, M, D. y Bramley, A.N. the impact of run-up in ensuring Rapid Changeover. CIRP Annals- 2004 Vol. 53 no. 1 p. 1
8. Eric Costa, Rui Sousa, Sara Bragança, Anabela Alves (June 2013), An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools, 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure, Funchal/Madeira, 8, 23-27.