

## REALIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA SMED, APLICANDO LA FILOSOFÍA KAIZEN EN EMPRESAS DE MANUFACTURA EN LA CIUDAD DE CHIHUAHUA

Mendoza Maldonado Alejandra Belem, Pasillas Villalobos Luis Felipe, Romo Zamarrón Igsel Ignacio, Enríquez Pacheco Giselle Rubí, Castillo Gardea Isabel, Cabello Rascón Valeria, Hernández Castillo Martha Lucía, Guerrero Chávez Luis Arnulfo, Arellano Ulloa Luis Hernán.

[am7986908@gmail.com](mailto:am7986908@gmail.com) [felipe.pasillas.v@gmail.com](mailto:felipe.pasillas.v@gmail.com) [igselr@hotmail.com](mailto:igselr@hotmail.com) [giselle.enriquez02@gmail.com](mailto:giselle.enriquez02@gmail.com)  
[isabel.castillo.gardea@gmail.com](mailto:isabel.castillo.gardea@gmail.com) [valerascon08@gmail.com](mailto:valerascon08@gmail.com) [incubadoras@hotmail.com](mailto:incubadoras@hotmail.com) [luis.gc@chihuahua.tecnm.mx](mailto:luis.gc@chihuahua.tecnm.mx)  
[luis.au@chihuahua.tecnm.mx](mailto:luis.au@chihuahua.tecnm.mx)

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chihuahua

Av. Tecnológico 2909, C.P. 31200, Chihuahua, Chihuahua, México.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Metalmeccánica, Industrial, Electrónica y Administración.

(614) 2012000

Heredia Villaseñor Alina Iris

[alina.heredia@smtc.com](mailto:alina.heredia@smtc.com)

Complejo Industrial las Américas, 31114 Chihuahua, Chih.

Parque Industrial Las Américas

(614) 439 1700

Ferrer Caballero César Augusto

[ceferrer@borgwarner.com](mailto:ceferrer@borgwarner.com)

(614) 488 4014

### RESUMEN.

No existen procesos perfectos, en la mayoría de las empresas, sobre todo de manufactura, se opera con desperdicios, que afectan en diferente medida a sus resultados, a su rentabilidad y a la satisfacción de sus clientes, donde destaca la entrega de productos terminados. En 2022, en la ciudad de Chihuahua, la empresa SMTC, proveedor de servicios de fabricación de productos electrónicos, determinó que los cambios de modelo duraban hasta 228.8 minutos en su línea 9; por otro lado, BorgWarner, proveedor de partes automotrices, aumentó los requerimientos de las líneas Canister, para el segundo semestre del 2022, de 81,862 pzs/mes a 98,840 pzs/mes. Se requirió de un análisis Kaizen para la mejora de los cambios de modelo aplicando la técnica SMED y se logró reducir el tiempo de cambio a menos de 87 minutos (mejora de 40%) en SMTC e incrementar la capacidad en BorgWarner a más de 100,000 pzs/mes.

Palabras Clave: Manufactura, SMED, desperdicios, capacidad.

### ABSTRACT.

There are no perfect processes, and most companies, especially manufacturing, operate with waste, which affects their results, profitability and customer satisfaction to different degrees, where the delivery of finished products stands out. In 2022, the SMTC company, a provider of electronic product manufacturing services, determined that model changes lasted up to 228.8 minutes on its line 9; On the other hand, BorgWarner, automotive parts supplier, increased the requirements of the Canister lines, for the second semester of 2022, from 81,862 pcs/month to 98,840 pcs/month. A Kaizen analysis was required to improve model changes by applying the SMED technique and it was possible to reduce change time to less than 87 minutes (improvement of 40%) at SMTC and increase capacity at BorgWarner to more than 100,000 pieces/month.

Keywords: Manufacturing, SMED, waste, capacity.

### 1. INTRODUCCIÓN

En el año del 2008 la Gerencia de Manufactura de Colombina del Cauca determinó en un estudio a su proceso productivo, que su principal problema de productividad correspondió a la falta de disponibilidad debido a los tiempos muertos por 5647 horas anuales, cuyo mayor contribuyente, con 2285 horas (40.46%) fueron los tiempos de cambios y ajustes [1]. Una empresa de vestiduras automotrices encontró en el año 2016, en el área de corte, un total de tiempo muerto de 36.52 hrs perdidas durante los cambios de navaja efectuados en las mesas de corte [2]. En 2013 una compañía farmacéutica, durante el primer trimestre, en su línea Empaque-II experimentó una pérdida de producción debido a cambios de modelo llamados formatos, del 49.70% de tiempo productivo (168 hrs al mes), que significa \$941,825 pesos [3]. La empresa POLYBAGS PERU SRL en el transcurso del año 2017, en su máquina impresora flexográfica para producir bolsas para empaques ziploc, tiene un cambio de modelo de 5.25 horas desde la última pieza A hasta la primera pieza B [4]. Desde diciembre de 2017 en la empresa de Nova Car, en el área de inyecciones de aluminio, en las máquinas 1250 y 1300 tienen un cambio de modelo deficiente que dura 2.41 hrs debido a la falta de capacitación del personal, falta de herramientas, condiciones inseguras de traslado del instrumental y ajustes de parámetros; se tienen alrededor de 9 cambios de modelo semanales (21.75 hrs) con una pérdida de entre \$3,213.20 a \$4,517.04 euros semanales [5]. En Michell y Cía S.A, durante 2018, debido al aumento de la demanda, se incrementaron los paros de máquina por los cambios de modelo en el área de hilos retorcidos especiales múltiples dando un total de 8.35 hrs por día [6]. En la Empresa productora de embalaje de cartón secundario durante el 2019 se detectó una problemática respecto al tiempo de demora, donde factores como la caída de papel, ajustes y preparación (cambio de modelo), inicio de primer turno, entre otras, eran situaciones que tenían directo impacto sobre el incumplimiento de las fechas propuestas. Se encontró que el cambio de modelo y sus actividades incluyentes, aportan un retraso total de 60 minutos diarios, lo cual representa un 45.5% del tiempo total de

aplazamiento en la línea CHS [7]. Por otro lado, Teijin Automotive Technologies durante el año 2021, tuvo las siguientes ineficiencias por cambio de modelo, en el proceso productivo de cubiertas de cajas (bed liner) en el área de barrenado: 1464 minutos de tiempo muerto, 1507 piezas perdidas, con un costo de \$330,238 dls por el tiempo muerto [8].

En abril del 2022, la empresa SMTC, proveedor de servicios de fabricación de productos electrónicos, determinó que los cambios de modelo duraban hasta 228.8 minutos en su línea 9, por lo que requirió de un análisis Kaizen, para determinar las causas fundamentales de esta condición, y en base a ello definir un plan de acción; por otro lado, BorgWarner aumentó los requerimientos de las líneas Canister, para el segundo semestre del 2022, debido a que se anexó una nueva familia de producto. En la línea 6 se tiene un requerimiento de 81,862 piezas/mes, se incrementa a 98,840 pieza/mes, con una diferencia de 16,978 piezas/mes. Se sospecha que mejorando los cambios de modelo se puede tener la capacidad extra requerida.

La industria automotriz ha desarrollado diversas herramientas para la mejora continua de sus procesos productivos; una de esas herramientas se denomina Cambio de Dado en Menos de Diez Minutos (SMED o (Single Minute Exchange of Die) desarrollada por Shigeo Shingo en la época de los 1950 en el marco del sistema Just In Time (JIT) y del Sistema de Producción de Toyota.

El proceso de la Mejora Continua, es conocida en la industria de manufactura con la palabra kaizen de origen japonés, que literalmente significa, cambiar para mejorar [9]. La Mejora Continua requiere de un proceso compuesto por una serie de pasos secuenciados basados en el uso de herramientas desarrolladas principalmente para la solución de problemas, dentro de las cuales se distinguen:

**1.1.** El círculo Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA por sus siglas en inglés), desarrollado por Walter Andrew Shewhart, en los años 1920, es aplicado extensamente en los procesos de solución de problemas y la mejora continua [10].

**1.2.** El reporte o pensamiento llamado A3, se basa en el proceso PDCA y en la filosofía de kaizen, para la mejora continua y consiste en una guía estructurada y detallada para la solución de problemas [11].

**1.3.** Gemba es una palabra de origen japonés que significa “el lugar real”, que se refiere en donde pasan las cosas, que corresponde al piso de producción. Basicamente el Gemba Walk consiste en: ir al lugar, observar el proceso y dialogar con la gente, normalmente una vez por semana [12].

**1.4.** Toyota utiliza el principio de Genchi Genbutsu que se puede entender como el sitio de los hechos o la falla real, que conlleva: “*ir-observar-entender*” el problema [13].

**1.5.** Los cambios de modelo en un proceso productivo casi siempre presentan dificultades, que se traducen en pérdidas de flexibilidad y producción. El concepto de Cambio de Dado en menos de diez minutos (SMED) fue originado por Shigeo Shingo en la década de 1950 para cubrir la necesidad que tenía Toyota para producir diferentes modelos de autos en sus líneas de ensamble [13].

**1.6.** El mapeo de la cadena de valor (VSM) ayuda a representar de una manera visual el estado actual, y permite observar desperdicios e identificar posibles mejoras; inicia con la

elección del área de interés, tomando en cuenta información del estado del proceso, para establecer el VSM futuro, con base al tack time, aplicando herramientas de mejora continua para llegar al tiempo deseado [14].

**1.7.** Las instrucciones de trabajo son una herramienta precisa y secuencial que cuyo objetivo es estandarizar los procesos productivos a través de ayudas visuales y descripciones concisas. Creados por el personal que mantiene mayor contacto con el proceso, como lo son ingenieros, operadores y personal de calidad. Dicha herramienta busca garantizar la calidad de productos y servicios. Se localiza por lo general en las estaciones de trabajo de los operadores quienes interpretan y llevan a cabo esa información [15].

**1.8.** Una distribución de planta (Lay Out) muestra la configuración de todas las instalaciones, productivas y no productivas, que componen a una empresa [16].

**1.9.** El diagrama de flujo (flow chart) es una manera de representar gráficamente a un proceso productivo [17] y está compuesto de cinco símbolos básicos que representan operación, inspección, transporte, inventario y demora.

**1.10.** Todo tipo de mejora necesita un análisis que proporcione un sustento y de un camino a seguir, las 5W+2H es una herramienta introducida por Lasswell, la cual logra definir qué, cómo, cuándo, quién, dónde, cuánto y por qué, para poder determinar las causas del problema estudiado [18].

**1.11.** SMART, creado por George T Doran, es una manera organizada de establecer los objetivos de una organización de forma secuencial que contempla en base a sus siglas en inglés, que deben ser: Específico (S), Medible (M), Alcanzable (A), Realizable (R), Temporal(T) [19] [20].

**1.12.** Premium freights. Por la alta demanda del producto en el cual el inventario y/o la producción no es suficiente para abarcar lo requerido en el lapso establecido es necesario que se haga un tiempo extra y/o incluso producir el mismo día las piezas pedidas y enviarlas en la vía más rápida posible dependiendo de la distancia que es necesario recorrer, pudiendo ser avión o helicóptero [21].

**1.13.** El principio de Pareto, nombrado así por su creador Vilfred Pareto en 1906, es conocido como la regla 80-20, establece que el 80% de los efectos, provienen del 20% de las causas. Básicamente se utiliza para visualizar en que deben de concentrarse los esfuerzos de mejora [22].

**1.14.** La lluvia de ideas que fue introducida por Alex Osborn en 1938 [23], consiste en reunir un grupo multifuncional que ayudará a encontrar posibles problemas para un tema en concreto. Su objetivo es fomentar la creatividad y obtener el mayor número de ideas, dicho de otra manera, importa más la cantidad que la calidad de las ideas [24].

**1.15.** El diagrama de afinidad tiene una correlación con la lluvia de ideas; sin esta no es posible obtener todo el potencial de la herramienta. Es usada para organizar por grupos las ideas recopiladas y así analizarlas de una forma estructurada para su futuro empleo. Esta herramienta fue introducida por Jiro Kawakita en los años 1960 [25].

**1.16.** El diagrama fue ideado por Kaoru Ishikawa en 1943, para mostrar de una manera gráfica, las causas potenciales de un efecto [26]. Este diagrama ayuda a concentrar toda la información que proviene de una lluvia de ideas [27].

1.17. La herramienta de 5 porqués desarrollada por la corporación Toyota y en específico por Sakichi Toyoda, quien descubrió que una de las maneras más efectivas y eficientes de llegar a una causa raíz es con esta herramienta, que su objetivo en términos generales es preguntar 5 veces (o las veces necesarias) el “por qué” sucedió algún problema [28].

1.18. Poka-yoke es una herramienta de producción creada por el japonés Shigeo Shingo, cuya traducción del japonés significa “a prueba de errores”, dicha herramienta consiste en la aplicación de sistemas que no permitan la aparición de errores durante la realización de un proceso [29]. Los dispositivos a prueba de error consisten en tres tipos. El tipo I es del tipo preventivo, que “desarrollan la inspección en la fuente para eliminar errores antes de que ocurran”; el tipo II es correctivo y “detectan un error en el momento que ocurre alertando al operador, antes de que” se convierta en defecto. Finalmente, el tipo III es de contención y “detectan un defecto después de haber ocurrido” [30].

1.19. La metodología “Modo de Falla y Análisis de sus Efectos” (FMEA) es utilizada para prevenir problemas en cualquiera de los pasos del proceso productivo, por medio de la consideración de la Severidad, Ocurrencia y Detección de la falla potencial, transformados en el producto de los tres, como Número de Prioridad de Riesgo (RPN) para orientar y priorizar las acciones. [31].

## 2. DESAROLLO

Como comienzo se formó un equipo multidisciplinario de alumnos y maestros para el desarrollo del proyecto, en conjunto con el personal de las empresas.

De acuerdo a la problemática planteada por las empresas SMTC y BorgWarner, el incumplimiento de los programas de producción y la falta de capacidad respectivamente, se decidió aplicar la herramienta SMED para eficientar los procesos productivos y cumplir con las metas establecidas.

El primer paso, en ambas empresas, consistió en iniciar con la fase de planeación del círculo de Shewhart bajo el concepto del A3 thinking establecido por INDEX, que incluyó el Gemba Walk con la finalidad de recopilar información sobre el estado actual que incluyera fotos, datos, graficas, conversar con personal involucrado. Después de la recolección de la información se procedió a la definición del problema, mediante la aplicación de los 5W+2H, utilizando la filosofía Genchi Gembutsu de ir al lugar y confirmar el estado actual del problema.

Luego de definir el problema se procedió al establecimiento de los objetivos utilizando el concepto SMART para SMTC, reducir el tiempo de cambio de modelo (S), en un 40% del tiempo actual (M), aplicando SMED, convirtiendo actividades internas en externas y optimizándolas (A), tomando en cuenta los recursos disponibles en la compañía (R), desde el 25 de abril al 9 de mayo del 2022 (T). Por otro lado, los objetivos en BorgWarner fueron reducir el tiempo de Cambio de Modelo de Operaciones de Línea 6 (Principalmente Soldadoras de vibración, las cuales eran máquinas con más tiempo en cambio de modelo), de 68 min a 22 min y obteniendo una ganancia de 330,000 dólares por mes.

Se realizó en ambas empresas una lluvia de ideas y diagrama de afinidad, con la finalidad de establecer las causas potenciales para desarrollar los diagramas causa-efecto (Ishikawa) que se encuentran en las Figuras 1 y 2.

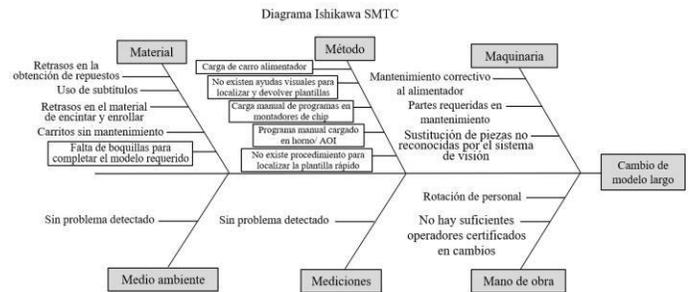


Figura 1. Diagrama causa efecto SMTC (desarrollo propio)

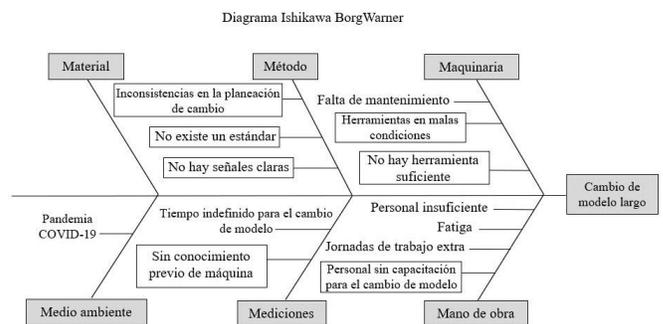


Figura 2. Diagrama causa efecto BorgWarner (desarrollo propio)

Una vez definidos los principales contribuyentes, se elaboraron gráficos de barras (Pareto) para cuantificar e identificar el mayor contribuyente en cada caso, mostrados en las figuras 3 y 4.

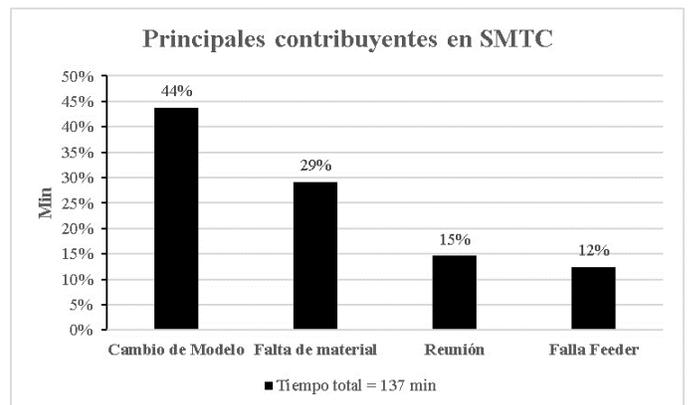


Figura 3. Principales contribuyentes en SMTC (desarrollo propio)

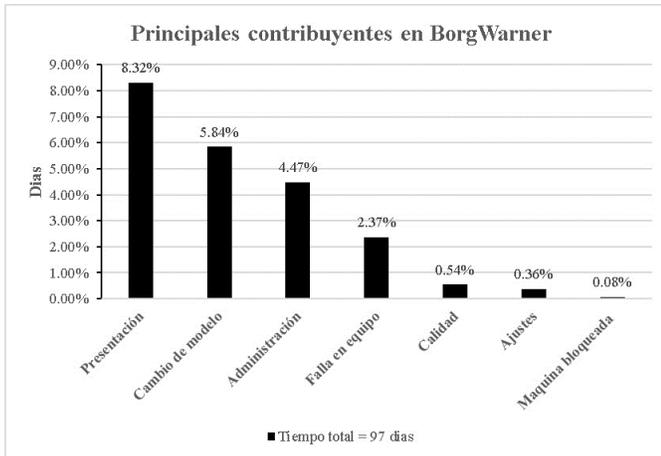


Figura 4. Principales contribuyentes en BorgWarner (desarrollo propio)

Debido a que en ambas empresas el principal contribuyente fue el cambio de modelo, se procedió a aplicar la herramienta SMED, por los siguientes pasos: 1. Observar la metodología actual, 2. Separar las actividades Internas y Externas, donde las actividades internas son aquellas que se realizan con la máquina sin funcionar y las actividades externas se pueden realizar en cualquier momento, 3. Convertir actividades Internas en Externas, 4. Apilar las actividades Internas que no se pudieron convertir y tratar de reducir su tiempo, 5. Repetir el paso anterior con las actividades Externas, 6. Documentar, 7. Regresar al paso uno.

Como el análisis anterior indicó que el cambio de modelo fue la prioridad, el SMED fue la herramienta ideal para encontrar una solución, con esta se realizó un análisis para encontrar a los principales contribuyentes con respecto a sus tiempos, los cuales se muestran en las figuras 5 y 6, para luego enfocar las acciones.

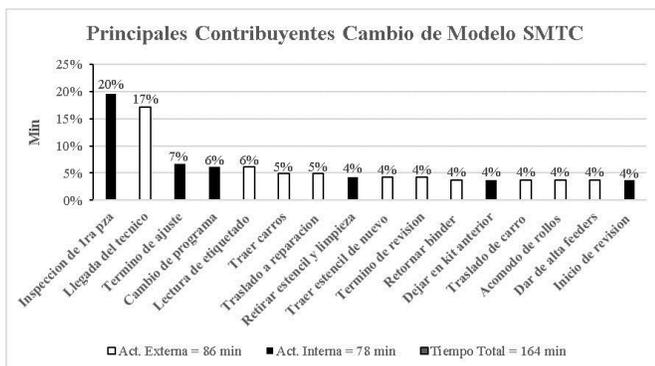


Figura 5. Principales contribuyentes (SMED) en SMTC (desarrollo propio)

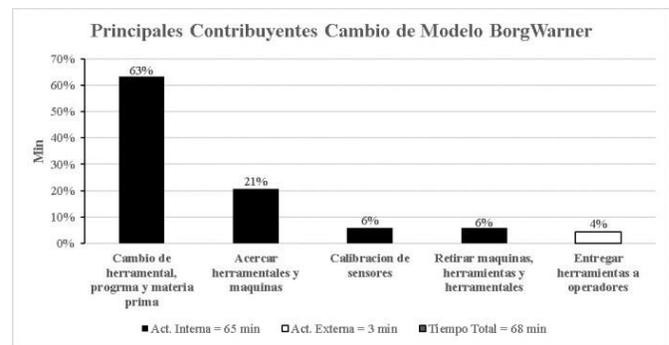


Figura 6. Principales contribuyentes (SMED) en BorgWarner (desarrollo propio)

### 3. ACCIONES.

#### 3.1 En SMTC

##### Cambio de programa, termino de ajuste en horno, e Inspección de 1ra pieza.

Se centralizó el programa para las maquinas SMT (Surface Mount Technology), AOI (Automated Optical Inspection) y Horno de curado, utilizando iLNB (Integrated Line Management System).

##### Retirar estencil y limpieza.

Se acomodaron los estenciles ya etiquetados por cliente, después se etiquetaron aquellos que no estaban identificados para luego fijar físicamente el lugar formal de cada uno dentro de los racks, con ello se creó una nueva base de datos, con la cual se alimentó un nuevo software que se encarga de localizar el estencil y encender una luz en su ubicación exacta.

##### Dar de alta Feeders y escaneo.

El uso de cargado individual fue remplazado por un carro completo adecuado a cada modelo.

##### Reducción de actividades Internas y externas.

Luego de poner en marcha el plan de acción el cual tenía como finalidad primordial disminuir el tiempo en el cambio de modelo en la línea 9

#### 3.2 En BorgWarner

Al igual que en SMTC, debido a la principal preocupación de BorgWarner que fue el cumplimiento del programa de producción, se utilizaron también las herramientas SMED, Gemba Walk e Ishikawa, dando como resultado lo siguiente:

##### Estandarización de tareas

Se elaboró un listado de actividades para el cambio de modelo y el entrenamiento correspondiente, para los operadores, el Team leader (líder de línea) y los técnicos de mantenimiento, con el fin de realizar las tareas de forma simultánea y reducir el tiempo de espera, para hacer de conocimiento público el cambio de modelo.

##### Estandarización de tareas

Se elaboró un listado de actividades para el cambio de modelo y el entrenamiento correspondiente, para los operadores, el team leader (líder de línea) y los técnicos de mantenimiento, con el fin de realizar las tareas de forma simultánea y reducir el tiempo de espera, para hacer de conocimiento público el cambio de modelo;

**Señalización**

Se instaló un andon tipo faro en la línea de producción a cargodel team leader.

**Herramientas**

Con la finalidad de mejorar el cambio de modelo fue necesario organizar el área de preparación que es propia de la línea y tiene libre acceso.

**4. RESULTADOS.**

**4.1 En SMTC.**

**Cambio de programa, ajuste de horno e inspección de la primera pieza.**

Dejando como responsable el área de ingeniería, logrando así una disminución de 18 minutos con 30 segundos a 1 minuto aproximadamente.

**Retirar estencil y limpieza.**

Dicha tarea quedó como responsabilidad del ingeniero de procesos y alcanzó una disminución de 7 minutos a 1 minuto con 19 segundos.

**Dar de alta Feeders y escaneo.**

Se generó una reducción de 28 minutos, esta acción quedó a cargo del área de ingeniería.

**Reducción de tiempos en actividades internas y externas.**

Se obtuvieron los siguientes resultados plasmados en la figura 7.

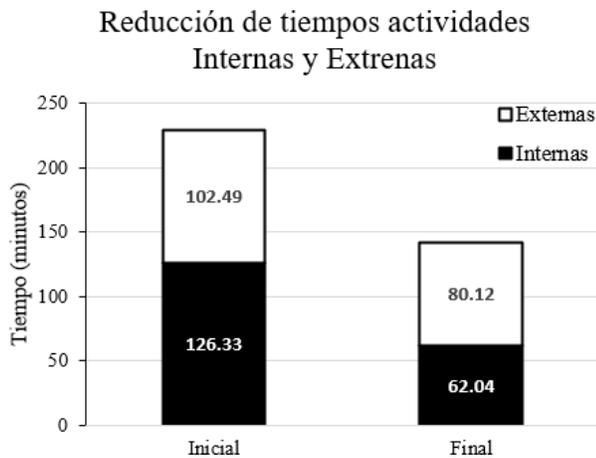


Figura 7. Reducción de tiempos internos y externos SMTC (desarrollo propio)

**4.2 BorgWarner**

**Reducción de actividades internas y externas**

Se dividieron en 3 principales problemas, como pueden apreciarse en la figura 6; en el proceso no existía ningún tipo de estandarización, había una falta de señalización para agilizar el cambio de modelo y se presentaban dificultades con las herramientas utilizadas. A continuación, se presentarán las acciones tomadas con mayor detalle:

**Estandarización de tareas**

Con estos cambios se logró bajar el tiempo de 47 min a 15 min.

**Señalización**

El andon notifica a todo el personal 15 – 20 piezas antes de realizar el cambio de modelo. La única persona autorizada para apagar la señal, es un técnico de mantenimiento con el fin de garantizar su asistencia para cuando inicie el cambio de modelo.

**Herramientas**

Se asignó un lugar a cada herramienta necesario para cada cambio de modelo y se generó un código de colores para facilitar su localización y visualización.

**Impacto**

Como consecuencia de las actividades mencionadas con anterioridad, en BorgWarner se presentó una disminución de tiempo para el cambio de modelo en la línea 6, especificada en minutos dentro de la figura 8.

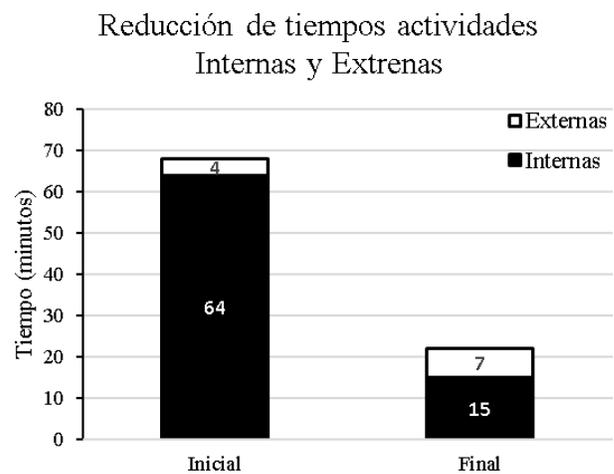


Figura 8. Reducción de tiempos internos y externos BorgWarner (desarrollo propio)

Implementando estas acciones se pudo obtener una ganancia adicional de \$330,000 USD/mes, gracias al tiempo ahorrado y así poder obtener una mayor producción.

**5. CONCLUSIONES.**

5.1 En ambas empresas aplicando la metodología SMED, fue posible reducir los tiempos de preparación, en un 37.87% para actividades externas e internas, y un 50.89% para solo actividades internas en SMTC y 67.64% en actividades externas e internas y un 76.56% solo para actividades internas en BorgWarner.

5.2 Se pudo confirmar que al aplicar sistemáticamente los siete pasos de la metodología SMED y las herramientas para la mejora continua (KAIZEN), es posible lograr de una manera efectiva y eficiente la reducción de tiempos de preparación.

5.3 La sinergia, derivada de la interdependencia de cada uno de los integrantes del equipo multidisciplinario permitió realizar la investigación documental, el análisis de las diferentes situaciones y el uso de los diferentes conceptos y las diversas herramientas necesarias para definir e implantar las acciones y lograr los excelentes resultados mostrados.

5.4 Definitivamente la cooperación y el apoyo de todo el personal involucrado en el proceso productivo fue fundamental para la obtención de los datos, utilizados en la identificación, clasificación y análisis de cada parte contribuyente en los cambios de modelo y tiempo de preparación. El conocimiento y experiencia de operadoras, técnicos, supervisores, ingenieros y personal de todos los departamentos fue invaluable.

## 6. AGRADECIMIENTOS.

Se agradece a las empresas SMTC y BorgWarner, la confianza, la apertura y el apoyo brindado durante el desarrollo de los trabajos vinculatorios. Al final puede definirse que se construyó una relación ganar-ganar.

## 7. REFERENCIAS.

[1] Salazar-Perdomo, L.M. "Metodología SMED (cambios rápidos) para mejorar la productividad de la línea de galletas dulces en la planta de producción de Colombina del CAUCA S.A." Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ingeniería, Departamento de Operaciones y Sistemas Programa de Ingeniería Industrial. Santiago de Chile. 2010 <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/1233/TID00371.pdf?sequence=1>

[2] Fuentes, M; López, F; Atayde, D; Chavarría, M. "Reducción de tiempo de ciclo del área de corte mediante la aplicación de la técnica smed". Revista Cultura Científica y Tecnológica (CULCYT). Año 13, No 59, Especial No. 1 Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez/ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/1466>

[3] MINOR, O. "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED EN UNA LÍNEA DE EMPAQUE DE FARMACOS. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO", 2014. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/5453/Facultad%20de%20Ingenieria%2C%20Ingenieria%20Industrial%2C%20APLICACION%20DE%20LA%20METODOLOGIA%20SMED%20EN%20UNA%20LINEA%20DE%20EMPAQUE%20DE%20FARMACOS%2C%20Oscar%20Jair%20Minor%20Lopez%2C%20Silvina%20Hernandez%20Garcia%2C%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[4] Gutarra, I. "Aplicación del SMED para incrementar la productividad en el cambio de formato de la impresora flexográfica en la empresa POLYBAGS PERÚ S.R.L., S.J.L." Tesis, facultad de ingeniería, Universidad César Vallejo, Lima-Perú, 2017.

[5] Aguirre, J. "Optimización del proceso de inyección mediante la técnica SMED en una empresa de autopartes." Universidad tecnológica del centro de Veracruz. 2018, pp. 12-13. <http://reini.utcv.edu.mx/bitstream/123456789/483/1/008627.pdf>

[6] Chávez D. "Aplicación de la técnica Smed para incrementar la productividad del proceso de retorcido fantasía de una planta textil." Universidad Católica de Santa María. 2019, p. 119. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20500.12920/9773/44.0665.II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[7] Martínez, J.; Cruz, E.; Garrido, R.; Santiago, A. "Reducción de tiempos de espera en el cambio de modelo mediante la aplicación de la herramienta SMED, un caso de estudio." Instituto Tecnológico Superior de Huachinango / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. 2019. Revista de Ingeniería Industrial, Vol.3 No.8, pp. 21-29. DOI: 10.35429/JIE.2019.8.3.21.29 [https://www.ecorfan.org/republicofperu/research\\_journals/Revista\\_de\\_Ingenieria\\_Industrial/vol3num8/Revista\\_de\\_Ingenier%C3%ADa\\_IndustrialV3N8.pdf#page=29](https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Industrial/vol3num8/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_IndustrialV3N8.pdf#page=29)

[8] Bravo-Cabrera, J. "Reducir tiempo de set up en producción de cajas de servicio, en la empresa Teijin Automotive Technologies: Aplicación de la metodología 8 Disciplinas & SMED." Semana Académica, 2(1). 2022. Recuperado a partir de <https://ingenieriaindustrialitt.org/publicacion/semanaacademica/articulo/view/120>

[9] Imai, M. "Kaizen. La clave de la ventaja competitiva japonesa." México, CECSA, 1989, p. 23.

[10] Deming, W.E. "Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis." Madrid, Ediciones Diaz de Santos, 1989, p. 67.

[11] Sobek, D.; Smaily, A., "Understanding A3 Thinking." Boca Raton, Florida, CRC Press, 2008, pp.11-18.

[12] Mann, David. "Creating a Lean Culture." Boca Raton, Florida, CRC Press, 2005, p. 93.

[13] Villaseñor-Contreras, Alberto y Galindo-Cota, Edber. "Conceptos y reglas de Lean Manufacturing". México, D.F, LIMUSA. 2008 p. 57 y 126.

[14] García Cantó, M. y Amador Gandía, A. "Cómo aplicar "Value Stream Mapping" (VSM). 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme", 8(2), 2019, pp. 68-83. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>

[15] Socconini, L. "Lean Manufacturing. Paso a paso." Martorell, Barcelona, ALFAOMEGA MARGE BOOKS, 2019, p. 295.

[16] Pérez Porto, J., Gardey, A. (11 de octubre de 2011). Layout - Qué es, elementos, definición y concepto. Definicion.de. Disponible en: <https://definicion.de/layout/> Recuperado el 9 de junio de 2023.

[17] Chapin, N. "Flowchart." In Encyclopedia of computer science ,2003, pp. 714-716.

[18] Trías M., González P.; Fajardo S.; Flores L. "Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos." Departamento de Coordinación de Calidad. Laboratorio Tecnológico del Uruguay. INOTEC GESTION, 2009. <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INOTEC-Gestion/article/view/5/4>

[19] Mannion, M., & Keepence, B. "SMART requirements." ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 20(2), 1995, pp. 42-47.

[20] Doran, G. T. "There's a SMART way to write management's goals and objectives." Management review. 1981.

[21] Huggins, E., & Olsen, T. "Inventory control with overtime and premium freight. Preprint." University of Michigan. Department of Industrial and Operations Engineering., 2003. [https://www.researchgate.net/profile/Tava-Olsen/publication/228891130\\_Inventory\\_control\\_with\\_overtime\\_and\\_premium\\_freight/preprint](https://www.researchgate.net/profile/Tava-Olsen/publication/228891130_Inventory_control_with_overtime_and_premium_freight/preprint)