

Implementación de la metodología SMED (Single-Minute Exchange of Die) para la reducción del tiempo de setup en una línea de producción de la empresa Aptar Cali.

Yadiri Betancur Barrera
Yadiri.betancur00@usc.edu.co

Rubén Darío Cañas Chaves
Ruben.canas00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial

Resumen

Este artículo presenta el aumento de tiempo de disponibilidad en una línea de producción mediante la utilización de la herramienta SMED (Single Minute Exchange of Die), técnica perteneciente al lean Manufacturing, que ha sido muy utilizada a través de los tiempos por las compañías con el fin de solucionar problemas mediante el mejoramiento continuo, siguiendo este orden de ideas, el objetivo principal de este caso de estudio es la necesidad de la aplicación del método SMED a la línea productiva gs de la empresa APTAR de Cali que se dedica a la fabricación de soluciones de dispensado (bombas de extracción de envase), que mediante el análisis de los datos recolectados, se identificó como la línea más crítica en comparación con las otras, debido a que su índice de disponibilidad está por debajo de la meta establecida por la empresa, índice que debe estar rondando entre el 70% y cuyo promedio en los últimos 3 meses no supera el 53%. en el artículo se detallan los pasos de cómo se logró aplicar esta técnica a la línea gs, también cómo afecta de manera positiva los índices globales de productividad, eliminando, convirtiendo y mejorando si es posible las actividades que componen el proceso productivo de la línea gs, aplicando el método SCAMPER a cada una de ellas, disminuyendo recorridos, digitalizando formatos, mejorando condiciones de trabajo, modificando el orden de cómo se ejecutan las actividades, entre otras, logrando una reducción significativa del tiempo de SETUP en un 52%, aumentando de forma directa la disponibilidad de la máquina y reduciendo los costos de producción.

Palabras clave: Implementación, Metodología, SMED, DMAIC, SETUP, productividad.

Abstract

This article presents the increase of availability time in a production line through the use of the SMED tool (Single Minute Exchange of Die), a technique belonging to Lean Manufacturing, which has been widely used over time by companies with In order to solve problems through continuous improvement, following this order of ideas, the main objective of this case study is the need for the application of the SMED method to the productive line gs of the company APTAR of Cali that is dedicated to the manufacture of dispensing solutions (container extraction pumps), which by analyzing the data collected, was identified as the most critical line in comparison with the others, due to the fact that its availability index is below the goal established by the company, an index that should be around 70% and whose average in the last 3 months does not exceed 53%. In the article we detail the steps of how this technique was applied to the gs line, also how it affects positively the global productivity indexes, eliminating, converting and improving if possible the activities that make up the production process of the gs line, applying the Scamper method to each of them, decreasing routes, digitizing formats, improving working conditions, modifying the order of how activities are executed, among others, achieving a significant reduction of SETUP time by 52%, increasing Direct way the availability of the machine and reducing production costs.

Keywords: Implementation, Methodology, SMED, DMAIC, SETUP, productivity.

1. INTRODUCCIÓN

Día tras día, el crecimiento exponencial que tiene la demanda y la competencia del mercado, obliga a las industrias a reinventar constantemente no solo los productos que ofrece, sino también el método en que se producen estos mismos. (García & Castrillón, 2009). La reducción de costos, la flexibilidad y el aumento de la productividad son factores imprescindibles que debe focalizar una compañía que quiera competir en el mercado. En este sentido, la fabricación está marcada por dos características principales, la primera de ellas, la producción de lotes pequeños, con esto se reduce el stock de inventario y por consiguiente los costos asociados a este; La segunda, la variedad de los productos, la tendencia actual son productos personalizados de mayor valor añadido (Karam, Liviu, Veres, & Radu, 2017).

Las aplicaciones de los conceptos lean manufacturing en las empresas han sido de gran ayuda para la solución de problemas en cuanto a la satisfacción del cliente, de tal manera que se pueda cumplir con sus necesidades de demanda, adaptándose con el tiempo a la producción de lotes pequeños sin afectar los costos del producto, lo que asume el incremento de cambios de referencia, convirtiendo así la ejecución de las paradas no programadas un factor crítico. (Guzman Ferradas & Salonitis, 2013). En este orden de ideas, la empresa APTAR Cali, que es una multinacional líder en la industria de sistemas de dispensado, con presencia en al menos 18 países, tiene establecido un objetivo del indicador de disponibilidad global del 70% en promedio por sus 5 equipos (VP4E crimping, VP4e Infil, 31MS infial, 31MS crimping y GS), de estas 5 máquinas productivas se selecciona para el caso de estudio la línea GS que presenta baja eficiencia, menos del 70% ya establecido, debido a que el tiempo operacional se está viendo afectado por las paradas no programadas, es decir, el tiempo el cual la máquina deja de operar debido a una causa no programada (falta de material/correctivo/cambio de referencia/etc.).

La metodología SMED se aplicó en el estudio de las actividades que se realizan en el tiempo que transcurre desde la última pieza buena de la orden anterior hasta la primera pieza buena de la orden siguiente, es decir, tiempo total de SETUP (khushee, Kumar, & Singh, 2015). Al reducir este tiempo, se maximiza el tiempo productivo de las máquinas y, por consiguiente, se incrementa la eficiencia de estas (Diaz, y otros, 2016). El control de la productividad se hace mucho más fácil pues otorga un estándar del método de trabajo y tiempos de operación. Se actúa sobre el tiempo estándar con la finalidad de reducirlo a partir de la mejora de métodos. (Valenzuela, Beltran Esperanza, & Cano Carrasco, 2017).

El contenido de este artículo muestra la aplicación a la línea GS, la metodología SMED en combinación a herramientas como SCAMPER y eventos Kaizen, herramientas que fueron necesarias para solucionar el problema de incremento de las paradas no programadas, mediante la conversión de actividades internas en externas, la eliminación de operaciones innecesarias o la mejora de estas mismas, con el objetivo fundamental de brindar a la empresa Aptar Cali, una mejora sustancial en su proceso productivo. (Shingo, 1990), la implementación de esta metodología trae como resultados el incremento de disponibilidad de la máquina al disminuir el tiempo de SETUP, disminuyendo costos, también fomenta el sentido de pertenencia del operario con el proceso, se socializa el método de ejecutar el proceso, flexibilizar el proceso productivo y utilizar mejor los recursos, entre otras. (Carrizo Moreira & Campos Silva, 2011).

Se tiene como objetivo general reducir el tiempo de SETUP mediante la implementación de la metodología de smed para el aumento de la disponibilidad de la máquina GS.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

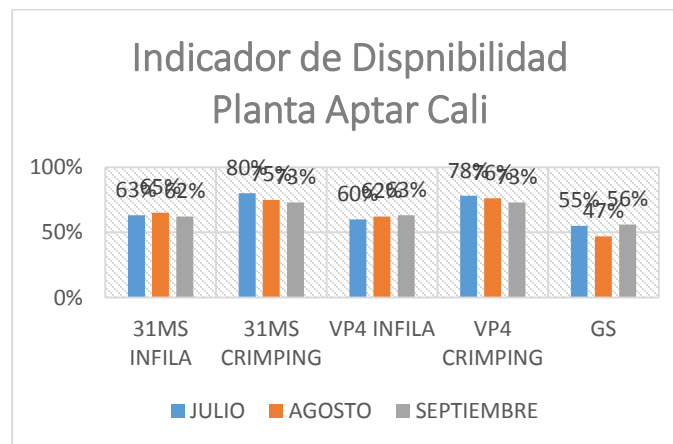
El presente proyecto se realizó en la empresa APTAR Cali, siendo un tipo de investigación aplicada, va encaminado hacia un enfoque de desarrollo sistemático lineal, en razón de que busca la solución de un problema mediante la recolección y el análisis de la información de los procesos de la compañía mediante la metodología SMED (Filla, 2014), tomando la variable del porcentaje de disponibilidad como el factor crítico a mejorar, su ejecución fue en su mayoría lineal, debido a que el análisis y mejoramiento de un factor crítico, otorga más ideas, en función a mejorar distintos aspectos que se encuentran alrededor del factor crítico a mejorar.

La filosofía de negocios enfocada hacia la satisfacción del cliente, Six sigma, cuenta con una potente herramienta metodológica llamada DMAIC (Measure, Analyze, Improve, control). Es esta, la metodología usada en el desarrollo del presente proyecto, la cual se apoya en herramientas estadísticas y administrativas para potencializar el desempeño de los procesos y productos dentro de las compañías a través de la disminución del desperdicio y la variabilidad (Socconini, 2016). En complemento, también se utiliza la técnica SCAMPER, que se sirve para la generación de ideas, para la acción sobre una idea base, parte de la evaluación de un producto, servicio o proceso bajo una serie de preguntas similar a una lista de chequeo (que, como, quien, donde, cuanto), que conlleva a una serie de respuestas claves para establecer si el aspecto a analizar se puede mejorar, cambiar o eliminar. (LLanos, Ruiz, & Boza, 2017), en una parte del ciclo DMAIC se introduce la metodología SMED, que sera la encargada de realizar los cambios posibles a las actividades presentes en el proceso y por ultimo se utiliza eventos Kaizen, una expresion que significa mejora continua que consiste en la integracion de todo el equipo de trabajo para la realizacion de mejoras, con la particularidad de que no requiere de una gran inversion de capital, durante el evento se proponen una serie de de ideas, dichas ideas se clasifican en tres tipos, A,B O C, la de tipo A son aquellas que se pueden ejecutar de manera inmediata, los de tipo B, son aquellas que se pueden ejecutar entre 1 o 2 semanas, y las de tipo C, se pueden ejecutar mucho despues sin exceder los dos meses. (Garcia Alcaraz, 2017)

A continuación, se muestran las fases de la metodología DMAIC:

2.1. Fase Definir: en esta fase es donde se identifica el proyecto a desarrollar y los beneficios que traera consigo, con el fin de establecer objetivos y enfocar adecuadamente el proyecto y según las necesidades que surjan y buscar oportunidades de mejora. (Legaria Mendez & Hernández, 2010).

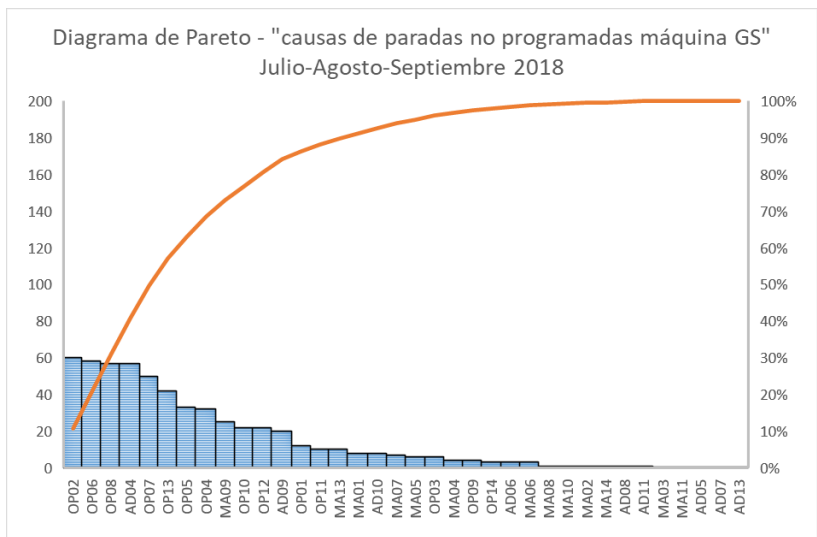
En el presente artículo se enfoca en el área de producción con el objetivo de aumentar la disponibilidad de sus equipos productivos, la empresa proporciona el dato de este indicador en cada una de sus maquinas dando como resultado que la maquina con menor disponibilidad es la GS, definiendola como el objeto de estudio para el desarrollo del presente proyecto, también se define la metodología SMED a utilizar para solucionar este problema con ayuda de la herramienta SCAMPER, ambas, pertenecientes al lean manufacturing.



Gráfica 1. disponibilidad por máquina. Fuente: Elaboración propia

El cálculo de este indicador se determina a través de un reporte diario de producción que es diligenciado por el técnico de

operación. En este reporte se manifiestan un total de 41 tipos de paradas entre programadas y no programadas (tabla 2.) Con los datos recopilados durante el 3Q de 2018 para la línea GS, se realiza un diagrama de Pareto con el cual se identifica que el 32% de las causas son de tipo operativo, tales como, limpieza de máquina, arranque de turno, cambios de rollo, registro de formatos, validación de setup por calidad, cierres devoluciones e impresiones de etiquetas. Estas operaciones tienen algo en común y es que corresponden al proceso de setup, es decir, las tareas que se realizan desde la última pieza buena de la orden anterior hasta la primera pieza buena de la orden siguiente, por esta razón, se define aplicar la metodología SMED para el aumento de la disponibilidad en la máquina GS.



Gráfica 2. Diagrama de Pareto causas de paradas no programadas. Fuente: elaboración propia

CAUSAS DE PARADAS NO PROGRAMADAS			
OP01	Arranque Turno	MA05	Falla Sistema Ensamblador CLIP
OP02	Limpieza máquina	MA06	Falla Sistema Vacío/Fugas
OP03	Sanitización Máquina	MA07	Falla Sistemas Electronicos
OP04	Despeje de Máquina	MA08	Falla Sistemas Neumáticos
OP05	Cierres, Devoluciones e Impre. Etiquetas OF	MA09	Fallas Mecánicas Varias
OP06	Alistamiento y/o Cargue Materiales	MA10	Fallas Internas (aire-Fluido Eléctrico)
OP07	Registro de Set Up en Formatos	MA11	Falla Equipos de Medición
OP08	Validación de SetUp por Calidad	MA13	Cambios de Formato Máquina
OP09	Ajustes dentro del SetUp	MA14	Alineación de pistas
OP10	Cambios de Rollo-Dip Tube	AD04	Defectos materiales por calidad
OP11	Ajustes Operativos Durante Procesos	AD05	Falta de Materiales por Calidad
OP12	Fallas Operativas-Reprocesos	AD06	Falta de Materiales por Almacen
OP13	Atorado en pista o guías	AD07	Falta de Programación Por Planeación
OP14	Cambios de OF/Presentación	AD08	Falta de Materiales por Producción - Semi
MA01	Falla Sistema de Corte	AD09	Falta de técnico Operaciones
MA02	Falla Sistema Crimpado Ferula/rosca	AD10	Falta de técnico de Mantenimiento
MA03	Falla Sistema GASKET	AD11	Falta de técnico de Calidad
MA04	Falla Sistema Ensamblador Actuator	AD13	Ajustes tecnico de mantenimiento por requerimiento de calidad

Tabla 1. Convenciones causas de paradas no programadas. Fuente: Datos suministrados por la compañía.

2.2. Fase Medir: El principal objetivo de esta fase es conocer el estado actual del proceso, es decir conocer cada una de sus operaciones, como funciona, sus respectivos tiempos de operación, quienes intervienen en el y definir sus entradas y salidas. Esto se realiza mediante varias técnicas de recopilación de datos como lo son la observación, históricos de datos, análisis documental, toma de tiempos, entre otros. (Sánchez Ruiz, 2005).

esta fase se apoya en un registro filmico del proceso y a través de él se inicia la documentación de la planilla de trabajo SMED, en esta se describen detalladamente cada una de las actividades con cada uno de sus tiempos, al finalizar este documento se conoce el tiempo total que actualmente transcurre desde la última pieza buena de la orden anterior hasta la siguiente pieza buena de la orden siguiente.

2.3. Fase Analizar: Ya con la información recolectada en la anterior etapa, se procede a realizar un análisis crítico a esta, se identifican todas las actividades del proceso, se determina cuáles pueden convertirse en externas, mejorarse o eliminarse. (Aquilano, Chase, & Jacobs, 2009).

Continuando con la documentación de la planilla SMED, donde se estudia el método de realizar cada actividad y se realizan observaciones críticas, en cuyo caso aplique, para mejorar el tiempo y el método e identificar cuáles actividades que actualmente se están ejecutando como internas, se pueden convertir en externas, es decir, desarrollarse mientras la máquina se encuentra en operación y actividades que no agregan valor al proceso, se puedan eliminar con el objetivo de minimizar el tiempo total de SETUP.

Se socializan estas observaciones y sugerencias a través de un evento Kaizen con todas las personas que intervienen en la operación (técnicos de operación, técnicos de mantenimiento y líder de producción) y en conjunto con ellos se aprueba o desaprueban los posibles cambios a implementar y se recibe una retroalimentación con las observaciones que ellos también tienen identificadas, planteando un listado de acciones correctivas estableciendo un responsable para su ejecución con un plazo no mayor a dos meses.

2.4. Fase Mejorar: El objetivo principal de esta etapa es la implementación de las mejoras o planes de acción ya establecidos anteriormente, ejecutando las acciones potenciales, se prioriza con base en la importancia de la mejora y se hace un alto para analizar cómo se está llevando a cabo la ejecución de estas mismas. (Hernández Flores, 2014). Se crea un gráfico donde se muestra la relación de esfuerzo-beneficio de cada una de las acciones a implementar.

2.5. Fase Controlar: Después de implementar la metodología y verificar que los objetivos trazados sean los correctos, se procede a establecer los controles que sean necesarios para poder mantener la ejecución del proceso bajo los nuevos lineamientos definidos, esto con el fin de prevenir que se convierta en una mejora temporal, se procede a la documentación del nuevo método del proceso y se realiza un plan de seguimiento para asegurar la ejecución del proceso por un largo periodo de tiempo. (Gomez Montoya & Barrera, 2011)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realiza el primer registro filmico del proceso con el objetivo de conocer su situación actual, para ello, se cuenta con dos técnicos de producción y un técnico de calidad los cuales tienen más de tres años de experiencia en la compañía. Se programa este registro en el turno en que la máquina realice el cambio más largo, es decir, pasar de una referencia que no comparta ningún componente en común con la orden siguiente. Al consignar la plantilla de trabajo SEMD se describen un total de 147 actividades y el tiempo de ejecución de cada una. Estas actividades se agrupan en diez procesos (despejar, pesar, verificar orden siguiente, Cerrar orden en sistema SAP, devolver componentes sobrantes, imprimir etiquetas de orden siguiente, limpiar, cargar componentes, registro de formatos, validación arranque de máquina por calidad). Cada uno de estos procesos se encuentra conformado un número de actividades las cuales se agrupan o clasifican para identificar el total de operaciones, inspecciones, transportes y almacenamiento que se realiza en el proceso de SETUP.











CURSOGRAMA RESUMEN DE PLANILLA SMED "SITUACIÓN INICIAL"								
Diagrama N°: 1	Resumen							
	Actividad			Símbolo	Actual	Propuesto	Economía	
Proceso: SETUP - "todas actividades que se realizan desde la última pieza de la orden anterior hasta la primera pieza de la orden siguiente".	Operación				133	120	13	
	Inspección				4	4	0	
	Espera				1	1	0	
	Transporte				3	2	1	
Método: Actual	Almacenamiento				1	1	0	
Lugar: Aptar Cali	Distancia Total (m)			21,09				
Operario (s): L. Castro; P.Narvaez.	Tiempo	Suplemento por descanso	Distancia	Actividades				
Fecha: 23/11/2018								
Descripción del proceso	Minutos	Minutos	Metros					
Despejar	0:46:58	00:02:00	5,06	2	60	1	-	-
Pesar componentes sobrantes	0:09:21	00:01:00		1	8	-	-	-
Verificar orden siguiente	0:06:30	00:00:00		-	2	-	-	-
Cerrar orden de producción en sistema SAP	0:15:19	00:00:00		-	2	-	-	-
Realizar devoluciones de componentes sobrantes	0:06:40	00:01:00		-	2	-	-	1
Impimir etiquetas	0:04:14	00:01:00		-	2	1	-	-
Limpiar	0:28:41	00:01:00	16,03	2	22	-	-	-
Crgar componentes	0:06:03	00:01:00		-	8	-	-	-
Registro de formatos	0:21:31	00:02:00		-	17	1	-	-
Validar arranque de máquina por personal de calidad	0:06:50	00:00:00		-	10	1	1	-
Total suplementos	00:09:00							
Tiempo total	2:41:07	00:09:00						

Tabla 2. Cursograma resumen primera planilla de trabajo SMED. Fuente: Elaboración propia

Al continuar la planilla de trabajo SMED se identifican un total de 32 actividades que se podrían realizar con la máquina encendida (actividades externas), estas actividades corresponden al proceso de “despejar”, “verificar orden siguiente en sistema SAP” y validar arranque de máquina por el técnico de calidad”. Las actividades del proceso de despeje que se clasifican como externa corresponden principalmente a armar o desarmar cajas. Las actividades del proceso de “verificar orden siguiente” que se clasificaron como externas son aquellas actividades donde el técnico de operación consulta en el sistema SAP cada uno de los componentes de la orden siguiente y la disponibilidad del inventario para producir, también se verifica que la orden este libre para producir y que los componentes correspondan al código del producto terminado. Las actividades del proceso “validar arranque de máquina por el personal de calidad”, en su totalidad, se clasificaron como externas debido a que el técnico de operación, en su proceso de “registro de formatos”, realiza las mismas mediciones que realiza el técnico de calidad y tiene suficiente formación técnica para tomar la decisión de iniciar o no la producción después de verificar los resultados de las pruebas realizadas a las muestras o primeras 30 piezas producidas.

Por otra parte, se identificaron un total de 15 actividades que no estaban agregando valor al proceso que en su mayoría correspondían a buscar herramientas de trabajo en otras celdas de producción. Como actividades internas (se realizar con la máquina parada) se identificaron un total de 100.

RESULTADOS INICIALES	
Tiempo total actividades Internas	2:41:07
TIEMPO TOTAL DE SETUP	2:41:07
RESULTADOS DESPUES DEL ANÁLISIS	
Tiempo total actividades internas	2:00:28
Tiempo total actividades externas	0:27:02
Tiempo total actividades que no agregan valor	0:13:37
TIEMPO TOTAL DE SETUP	2:00:28
TOTAL AHORRO DE TIEMPO ESPERADO DESPUES DEL ANÁLISIS	0:40:39

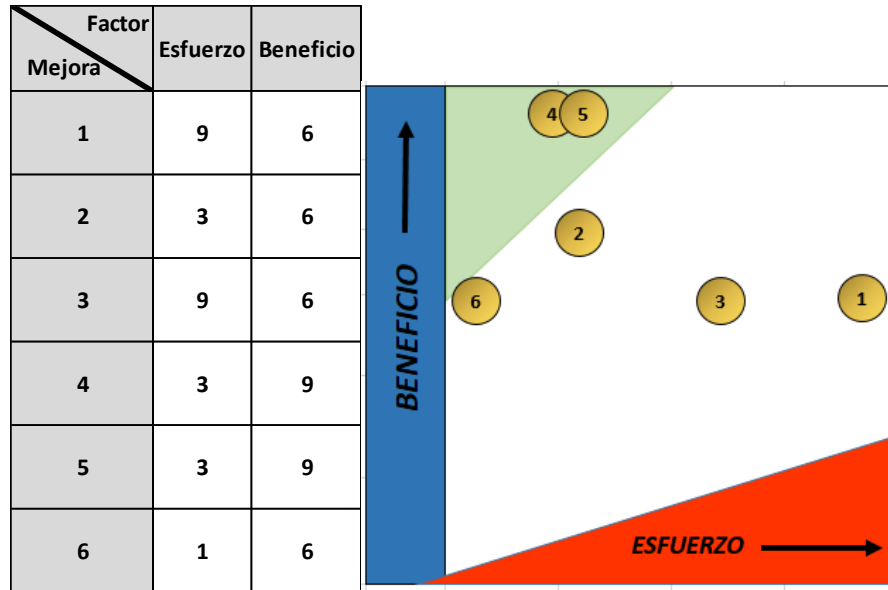
Tabla 3. Cuadro resumen segunda planilla de trabajo SMED. Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar esta clasificación de las actividades, se aplica la técnica de mejoramiento SCAMPER, resultado de este trabajo, se identifican 12 actividades que se podrían eliminar, 14 actividades que se podrían mejorar, 4 actividades que se podrían modificar, y 55 actividades que se podrían reordenar. Toda la información recolectada y el análisis realizado al momento, se comparte con el equipo de producción de la compañía (operarios y líder de producción) a través de la programación de un evento kaizen donde se debate la aprobación de las actividades que se propusieron como externas, las actividades a eliminar, y buscar la forma de mejorar las demás escuchando las ideas de todos los presentes en la reunión. Por otra parte, para lograr reordenar las 55 actividades que pertenecen a los procesos de limpieza y despeje, se debate en conjunto con el equipo, el orden ideal para ejecutar estas operaciones. Como resultado de este evento kaizen, se plantearon un total de seis acciones correctivas.

Nº	Aspecto a mejorar	Acción Correctiva
1	Se evidencian desplazamientos innecesarios para buscar estibador hidráulico debido a que solo se tiene uno para toda la planta el cual se comparte con el área de almacén.	Adquirir un estibador hidráulico exclusivo para el área de producción
2	El tiempo de registro de formatos y realizar gráficos de control se prolonga al ser una actividad manual. El técnico de operación debe realizar cálculos de promedios y gráficos de control que podrían mejorarse sistematizando el proceso en Excel.	Digitalizar y formular los cálculos de todos los documentos de registro de formatos que componen una orden de producción para la línea GS.
3	Al momento de realizar el despeje del módulo se dificulta debido que hay muy poco espacio entre el tazón vibrador del módulo y la banda giratoria de producto terminado, además representa una condición insegura porque el operario debe pasar por debajo de estructuras metálicas de la máquina.	Modificar banda giratoria de producto terminado para abrir espacio entre esta y la puerta del tazón vibrador del módulo para facilitar el vaciado del componente.
4	Se identifican pérdidas de tiempo debido a que los implementos manuales de trabajo tales como, kit de limpieza, encintadoras, formatos en blanco, entre otros, no se encuentran de manera ordenada en la celda de trabajo.	Establecer un lugar para cada implemento de trabajo y garantizar que se encuentre disponible constantemente y realizar una sensibilización al personal sobre la importancia del orden en la línea de trabajo.
5	Las actividades se están ejecutando de manera de desordenada y no se cuenta con un método estándar del proceso.	Reordenar actividades realizando un instructivo donde se detalle el paso a paso para realizar el proceso de setup y divulgar el procedimiento con las personas involucradas en la operación.
6	La bascula que se encuentra dentro de la línea GS no se está usando debido a que no se encuentra calibrada.	Calibrar la báscula para reducir el recorrido hasta la báscula más lejana.

Tabla 4. Acciones correctivas resultantes del evento Kaizen. Fuente: Elaboración propia.

A cada una de las acciones correctivas se le asigna un responsable y un periodo de ejecución no mayor a dos meses. Se representa de forma gráfica la relación de esfuerzo y beneficio de cada una de estas acciones, teniendo en cuenta que el factor indicador para el esfuerzo es el costo, es decir, a mayor costo, mayor esfuerzo y el factor indicador para el beneficio es el tiempo, es decir, a mayor impacto en reducción de tiempo, mayor beneficio de obtiene. Se establece una puntuación de 1 a 9, siendo 1 muy bajo, 3 bajo, 6 medio y 9 alto. (Figura 1)



Gráfica 3. Matriz esfuerzo – beneficio de acciones correctivas. Fuente: Elaboración propia.

Después de implementadas las acciones correctivas, con el objetivo de verificar el desempeño del SEMD, se realiza otro registro fílmico del proceso. El resultado de este fue positivo pues se evidencio una reducción del 52% del tiempo, con un ahorro de 40 minutos (Tabla 5).

RESULTADOS FINALES	
Tiempo total actividades internas	1:46:40
Tiempo total actividades externas	0:23:20
TIEMPO TOTAL DE SETUP	1:46:40
AHORRO EVIDENCIADO= 55 minutos (52%)	

Tabla 5. Resultados después de verificar la implementación.

Según la tarifa del costo de hora-máquina suministrado por el departamento de finanzas de la compañía, se calcula que los 55 minutos que la máquina no estuvo parada corresponde a un ahorro de COP \$ 362.782. La Compañía tiene establecido un tamaño mínimo de orden, en sus siglas en inglés, MOQ de 48.000 unidades. Simulando que la máquina realice un cambio por día, se estima un ahorro mensual de COP \$9'069.550. Es preciso mencionar que este dato es solo una simulación que está sujeta a la utilización real de la máquina.

Con estos datos, también se puede evidenciar un aumento en las unidades que se fabrican en un turno de 480 minutos donde se presente cambio de referencia. De los 480 minutos que se tienen para trabajar en el turno, se le restan 60 minutos que corresponden a las paradas programadas (Desayuno, Almuerzo, reunión) teniendo como resultado 420 minutos de tiempo disponible, a este dato se le resta el tiempo de setup y obtenemos el tiempo operativo, es decir, el tiempo que la máquina se encuentra produciendo unidades.

La máquina GS cuenta con una velocidad teórica de 110 piezas por minuto. Al comparar el desempeño antes y después del SMED se evidencia un aumento de 6.050 unidades por turno con cambio (Tabla 6).

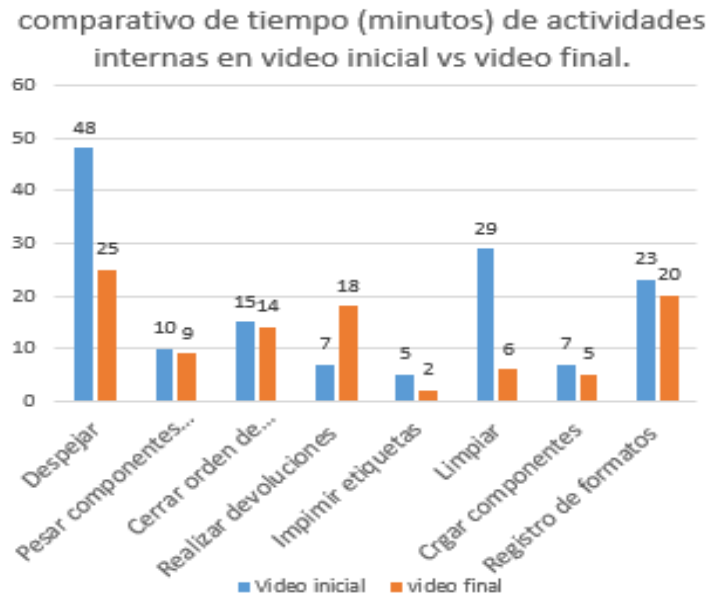
Es preciso tener en cuenta que el cálculo de disponibilidad que se muestra en la Tabla 5 no tiene en cuenta otro tipo de paradas no programadas que se presentan durante el tiempo operativo como lo son fallos mecánicos, material defectuoso, atorados en pista, entre otras. La empresa nos suministra el dato real de la disponibilidad durante el 1Q de 2019 teniendo en cuenta todas las paradas no programadas. en promedio fue de 58,23 % y lo comparamos con los datos suministrados en la etapa definir que se desarrolló en el 3Q del 2018 (julio, agosto, septiembre) periodo donde se inició el proyecto de mejora, en promedio fue de 52,6% donde se evidencia un aumento del 5,57% en el indicador de disponibilidad para la línea GS.

Desempeño	Tiempo disponible (minutos)	Tiempo Setup	Tiempo operativo	Total Unidades	DISPONIBILIDAD
		(minutos)	(minutos)	(110PC/min)	(sin tener en cuenta otro tipo de paradas)
Antes del SMED	420	161	259	28.490	61%
Después del SMED	420	106	314	34.540	74%

Tabla 6. Verificación del desempeño del SMED. Fuente: Elaboración propia.

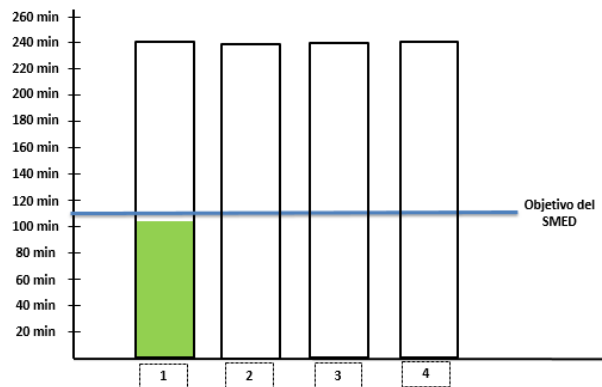
Para finalizar, se realiza una gráfica con el tiempo de los resultados iniciales en comparación a los resultados finales de cada uno de los procesos que están compuestos por actividades internas (Gráfica 6). La suma de las actividades internas es la que determina el tiempo que transcurre desde que se termina la última pieza buena de la orden anterior hasta que inicial la primera pieza de la orden siguiente.

Al revisar esta comparación se evidencia que la operación “realizar devoluciones” fue más alta en el segundo video y esto se debió a un caso puntual en que la cantidad física a devolver no correspondía a la cantidad en el sistema. Cuando ocurren este tipo de casos, que son esporádicos, el técnico de operación debe enviar un correo electrónico al asistente de producción donde informa la diferencia encontrada en detalle. Este resultado nos muestra que la metodología SMED debe ser una filosofía que debe vivir en el equipo de manera constante, reinventando la forma de ejecutar sus operaciones en beneficio de los resultados del proceso.



Gráfica 4. Comparativo de tiempo de actividades internas en video inicial vs video final. Fuente: Elaboración propia

Dando seguimiento al nuevo estándar definido, se implementa un nuevo indicador para el área de producción de la compañía el cual mide el tiempo de cambio estableciendo con una meta de tiempo menor o igual a 110 minutos por cada setup realizado. Este indicador permite al equipo controlar el nuevo estándar establecido y plantear acciones correctivas cuando se evidencien datos fuera de la meta del indicador.



Gráfica 10. Gráfico sugerido para el seguimiento del indicador “tiempo de Setup GS”

4. CONCLUSIONES

En la actualidad se puede observar que la aplicación del SMED en las compañías es de gran utilidad, ya que, para sobresalir en un mundo tan globalizado a nivel comercial, es necesario reinventarse constante mente en cuanto a las estrategias de las ventas, la creación de nuevos métodos de trabajo, la disminución de costos de operación, todo esto con el fin de aumentar el margen de utilidad.

El SMED permitió la mejora y el rediseño del proceso, lo cual impacto de manera positiva las condiciones de trabajo de los técnicos de operación reducir, por ejemplo, los recorridos innecesarios, que producen fatiga o cansancio. Digitalizar los documentos disminuyó el consumo de papel, mejoró la legibilidad de los formatos y facilitó el cálculo de promedios y la realización de gráficos de control de proceso al generarse de forma automática, también evita la demora de rellenarlos a mano y lo agotar de completar tantas hojas.

La disminución de los tiempos de SETUP le permite a la compañía ofrecer a sus clientes la producción de lotes más pequeños sin incrementar el costo del producto. A su vez, la diversidad de productos en menor cantidad es una ventaja competitiva para la compañía, pues el mercado cada día se torna más cambiante y exigente en cuanto a sus necesidades. En un 52% se redujo el tiempo de SETUP, que también asume un incremento en la capacidad de respuesta del proceso y en las utilidades.

SMED es una metodología de fácil aplicación en la industria de manufactura, la clave de la funcionalidad de esta técnica es la combinación de otras técnicas pertenecientes al lean manufacturing como SCAMPER, 5S, eventos kaizen entre otras, con el fin de obtener los resultados esperados para el proyecto. El evento Kaizen es una poderosa herramienta que permitió a los técnicos de operación tomar una actitud participativa en el proyecto con lo cual se lograron identificar acciones de mejora que fueron clave para obtener los resultados esperados. Este involucramiento de los técnicos de operación ha generado un ambiente de cultura de mejoramiento continuo dentro de la compañía.

El éxito en la implementación la metodología de mejoramiento SMED depende del compromiso de las partes involucradas en el proceso. Se debe generar confianza en el equipo de trabajo para recibir y dar retroalimentación de las oportunidades de mejora. El SMED es una metodología que se debe reinventar constátenme, no es un proyecto que muere después de implementado, este debe permanecer en el tiempo con el objetivo de identificar constantemente una mejor manera de ejecutar las operaciones del proceso.

I. BIBLIOGRAFÍA

- Aquilano , N., Chase, R., & Jacobs, R. (2009). *ADMINISTRACION DE OPERACIONES*. Ciudad de Mexico.
- Carrizo Moreira, A., & Campos Silva, G. (2011). *Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation*. Chile: J. Technol. Manag Innov. 2011, Volume 6, Issue 1.
- Diaz, J., Garcia, J., Martinez, V., Fernandez, J., Jimenez, E., & Avelar, L. (2016). *The Effect of SMED on Benefits Gained in Maquiladora Industry*. España: sustainability.
- Filla, J. (2014). *The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line*. Czech Republic.
- Garcia Alcaraz, J. L. (2017). *Kaizen Planning, Implementing and Controlling*. Portugal: Springer International Publishing.
- Gomez Montoya, R., & Barrera, S. (2011). *SEIS SIGMA: UN ENFOQUE TEORICO Y APLICADO EN EL AMBITO EMPRESARIAL BASANDOSE EN INFORMACION CIENTIFICA*. Medellin.
- Guzman Ferradas, P., & Salonitis, K. (2013). *Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells*. Londres: Procedia CIRP 7.
- Hernandez Flores, J. (2014). *SEIS SIGMA CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS*. Honduras.
- Hernandez Matias, J. C., & Vizan Idoipe, A. (2013). *Lean Manufacturing Concepto, tecnicas e implantación*. Madrid: Fundación eoi, 2013 .
- Karam, A.-A., Liviu, M., Veres, C., & Radu, H. (2017). *The Contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project*. Rumania : 1th International conference Interdisciplinarity in Engineering.
- khushree, R., Kumar, S., & Singh, D. (2015). *Industrial benefits from a SMED methodology on high speed press in a punching machine: A review* . India: Pelagia Research.
- Legaria Mendez, G. A., & Hernandez , L. (2010). *ANALISIS Y PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE LA DIRECCION GENERAL DE VIDA SILVESTRE (DGVS) MEDIANTE LA APLICACION DELA METODOLOGIA DMAIC DE SIX SIGMA*. Ciudad de Mexico.
- LLanos, C., Ruiz, L., & Boza, A. (2017). *SCAMPER-3-5 para generación de ideas y su análisis de valor*. Valencia: Politècnica de València,pp. 1074–1088.
- Quezada Jama, A. (2018). *IMPLEMENTACIÓN DE SMED Y SU POSIBLE IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA ESCAPES CARRION EN EL CANTON DE MACHALA*. Machala.
- Sanchez Ruiz , E. A. (2005). *SEIS SIGMA, FILOSOFÍA DE GESTIÓN DE CALIDAD: ESTUDIO TEORICO Y SU POSIBLE APLICACION EN EL PERU*. Piura.
- Shingo, S. (1997). *Una revolucion en la produccion: El sistema Smed*. New York: Routledge.
- Socconini, L. (2016). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios*. En L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios* (pág. 10). México: Alfaomeg Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Valenzuela, E., Beltran Esperanza, L., & Cano Carrasco, A. (2017). *SMED: Reducción de tiempos de cambio de la línea de producción maíz en el área de empaque de una empresa elaboradora de botanas en la Región Sur de Sonora*. Ciudad de Mexico: Revista Administracion y Finanzas.
- Velaz Rivas, J. I. (1996). *Motivos y Motivacion en la Empresa*. Mdrid: Edicion Diaz Santos S.A.

Falconi Alarcon, A. (2014). *IMPLEMENTACION DE OEE y SMED COMO HERRAMIENTAS DEL LEAN-MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLASTICO-*. 11, 120. *Guayaquil, Ecuador*.

Fuentes Morales, M., Lopez Benavides , F., Campos , D., & Chavarria Gaitan, M. (2016). *REDUCCIÓN DE TIEMPO DE CICLO DEL ÁREA DE CORTE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA SMED*. 245-251. (CULCyT, Ed.) *Juarez, Mexico*.

SABADKA, D., MOLNAR, V., & FEDORKO, G. (*Septiembre de 2017*). *THE USE OF LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES – SMED ANALYSIS TO OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION PROCESS*. *Slovak Republic*.