

Incremento de la producción en una empresa que manufactura con herramientas *Lean Manufacturing*

Increase in production in a company that manufactures with Lean Manufacturing tools

José A. Varela Loyola, José N. Méndez Mendoza, Jacobo Tolamatl Michcol

Palabras clave: herramientas, Lean Manufacturing, DMAIC, incremento de producción

Key words: tools, Lean Manufacturing, DMAIC, production increase

RESUMEN

Lean Manufacturing cuenta con una serie de herramientas que ayudan a la mejora en los procesos de producción, el presente artículo presenta una descripción sobre la aplicación de herramientas Lean Manufacturing para el incremento de producción en la línea de ensamble OPTMX32 en una empresa que manufactura interfases multimedia para automóviles ubicada en Tlaxcala, México. La metodología empleada es DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) que ayuda a llevar una secuencia lógica al proceso de aplicación de las herramientas Lean. Como resultado se logró el incremento de producción de la línea de ensamble del 35% de unidades diarias, así como la reducción de 17 operarios a 15 operarios en la línea de ensamble y la disminución de tiempo extra.

ABSTRACT

Lean Manufacturing has a series of tools that help improve production processes; this article presents a description of the application of Lean Manufacturing tools to increase production in the OPTMX32 assembly line in a company that manufactures multimedia interfaces for automobiles, located in Tlaxcala, Mexico. The methodology used is DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) that helps to bring a logical sequence to the process of applying Lean tools. As a result, an increase in production of the assembly line of 35% of daily units was achieved, as well as a reduction from 17 operators to 15 operators in the assembly line and a reduction in overtime.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de manufactura existen áreas de mejora que permiten aumentar la producción, generar ahorros y reducir costos y así aumentar la productividad logrando con ello hacer frente a las exigencias del mercado. *Lean Manufacturing* es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca el incremento de la productividad mediante la mejora continua aprovechando los recursos a través de minimizar el desperdicio (Shah y Patel, 2018).

El uso de las herramientas *Lean* han generado en las empresas ahorros, una cultura de mejora continua, mantenimiento de la calidad, disminución de tiempos muertos, incremento de la eficiencia, eficacia y rentabilidad (Marulanda et al, 2016). Por ello *Lean Manufacturing* se ha convertido en una alternativa que ha mostrado su versatilidad al ser adoptada en los diferentes escenarios del sector industrial (Sarria, et al, 2017).

La empresa objeto de estudio empezó a tener un alza en la demanda del cable OPMX-32 por parte del cliente, en las condiciones en la que se encontraba la línea de producción antes de la aplicación de herramientas *Lean*, el alza de la demanda implicaba el generar tiempo extra o incluso la apertura de una nueva línea de producción, se opta por el uso de herramientas *Lean* por dos razones: 1. El alza de la demanda no era constante por parte del cliente, por lo tanto la empresa no

podría abrir una nueva línea de producción ya que financieramente no era viable y 2. El generar tiempo extra implicaba un incremento en los costos de mano de obra por lo que representaba bajar la rentabilidad de la nueva demanda de cable. Para hacer frente a esta alza de la demanda se opta por las herramientas *Lean* ya que el objetivo final es desarrollar una organización de alta calidad que pueda producir productos terminados de acuerdo con la demanda de los clientes (Dawood et al, 2018); además, el empleo de herramientas *Lean* resulta generar ahorros con la reducción de costos y los tiempos de producción a través de la búsqueda de desperdicios, prevenir y corregir el trabajo defectuoso, con ello permite a las organizaciones desarrollar una excelencia operacional a partir del uso adecuado de los recursos propios de la organización, (Palange y Dhatrak, 2021).

El objetivo de este trabajo es demostrar como el empleo de herramientas *Lean Manufacturing* ayuda al mejoramiento de la productividad generando un flujo continuo de actividades en el proceso de fabricación, mediante la detección y eliminación de desperdicios y con ello cumplir con la demanda del producto cable OPMX-32.

Marco Teórico

Lean Manufacturing es un conjunto de principios y herramientas de gestión de la producción que busca la mejora continua a través de minimizar el desperdicio (Samuel et al, 2021). El objetivo primordial de *Lean*

Manufacturing es eliminar todas actividades que no agregan valor en el proceso de producción dándoles el termino de desperdicio (Womack y Jones, 2012). Cuando se habla de valor, se refiere a todo aquello relacionado con el producto o servicio y por lo cual los clientes están dispuestos a pagar de más. El termino desperdicio, se refiere a todas aquellas actividades que no agregan valor a los ojos del cliente, (Womack y Jones, 2012). *Lean* define siete desperdicios: esperas, sobreproducción, exceso de inventario,

transporte, movimientos innecesarios, desperdicios y sobreprocesos (Chroner y Wallstrom, 2016).

Para la disminución de los desperdicios *Lean Manufacturing* se basa en 5 principios: 1. Generar Valor, 2. Flujo de Valor, 3. Flujo de actividades, 4. Pull y 5. Perfección, (Womack y Jones, 2012), cada uno de estos principios cuenta con una serie de herramientas que ayudan a identificar y reducir las actividades que no agregan valor ver tabla 1.

Tabla 1. Principios Lean y herramientas

Principio	Descripción	Herramientas
1. Generar Valor	Identificación de lo que es más importante desde el punto de vista del cliente, y hacen que el producto valga la pena. Es necesario para entender claramente qué procesos en la organización son importantes para el cliente y cuáles no lo son. Si se identifican las necesidades del cliente, los procesos para satisfacer sus demandas pueden ser identificados.	5's Pull system Kaizen
2. Flujo de Valor	Este principio se basa en el enfoque basado en procesos que dice que todas las actividades de la organización deben estar representadas como una cadena de procesos secuenciales interrelacionados, lo que crea transparencia de la actividad de la organización y permite ver las oportunidades para mejorar.	JIT Celulas de trabajo Kaizen VSM
3. Flujo de Actividades	Disposición de los procesos de fabricación como un continuo flujo de actividades interrelacionadas que agregan valor al producto. De acuerdo con este principio, la mayoría de las veces es necesario la reorganización completa de las actividades de fabricación o modernización de las mismas por lo que los cambios interoperativos llevan bastante tiempo.	JIT Diagrama Spaguetti Kaizen, SMED Pull system Jidoka, Kan ban Flujo de una sola pieza
4. Pull	En lugar del enfoque tradicional (push), que parte de los recursos y avanza hacia el producto terminado, los procesos deben verse desde atrás (pull): los clientes, con sus demandas, tiran de los productos, y los productos tiran del proceso de fabricación y de sus entradas (recursos).	Pull system Celulas de trabajo
5. Perfección	A medida que se eliminen las pérdidas en los procesos y se consiga que la información, el producto o los servicios fluyan de una manera continua en relación con la demanda de los clientes, se podrá ver que siempre se pueden realizar cambios buscando la perfección, también es necesario estar constantemente involucrado en el monitoreo, análisis y mejora de las actividades de producción para lograr el resultado deseado.	Estandarización Gestión Visual Sistemas de sugerencias 5's

Fuente: Elaboración propia basada en: Womack y Jones, 2012, Gutiérrez y Orejuela 2018, Marulanda et al. 2016, Ibarra y Ballesteros, 2017.

Las herramientas de *Lean* se complementan mutuamente, cada herramienta realiza su propia función, y las organizaciones elegirán en qué cantidad y en qué nivel van a implementar una herramienta o que enfoque particular le quieran dar, dependiendo del objetivo planteado

(Johansson y Ostermana, 2017), las herramientas *Lean* no se aplican de manera simultánea, sino que depende de la situación y necesidad del proceso de producción (Krishna, et al 2019). En la tabla 2 se hace una descripción de las herramientas *Lean Manufacturing*.

Tabla 2. Descripción de Herramientas *Lean*

Herramientas	Descripción
5's	Es una herramienta que, por medio de la clasificación, organización, limpiezas, disciplina y estandarización de los procesos ayuda a las organizaciones aumentar sus niveles de productividad
<i>Sistema de sugerencia</i>	Un medio de hacer fluir todo el potencial de la empresa. Se trata de incitar a las personas a la aportación de ideas, que puedan suponer mejoras en aspectos como la calidad, la productividad, la seguridad o el bienestar en el entorno de trabajo
<i>Pull system</i>	El sistema pull se caracteriza porque los almacenes o diferentes puntos de venta determinan individualmente las necesidades específicas de reposición de sus stocks, calculando la cantidad requerida, la cual piden directamente a su almacén suministrador
<i>Kaizen</i>	Es una filosofía que significa mejoramiento continuo, que busca diariamente cómo mejorar con la ayuda de los equipos multidisciplinares; así mismo, permite que los trabajadores mejoren los estándares de la organización, alcanzado así de manera satisfactoria los objetivos de la organización para mejorar la productividad, calidad y eficiencia
JIT	Es un conjunto de herramientas y técnicas que le permiten a la compañía producir y entregar productos en tiempos muy cortos para satisfacer las necesidades del cliente, es entregar los productos correctos en el tiempo indicado, en las cantidades requeridas
<i>Celulas de trabajo</i>	Es el conjunto de personas, máquinas, materiales y métodos ubicados en orden en un proceso de producción, generalmente más grande que una sola máquina y menor que un departamento

... continuación

Tabla 2. Descripción de Herramientas Lean

Herramientas	Descripción
VSM (Value Stream Mapping)	Técnica que proporciona una visión de todo el proceso, para entender completamente el flujo para que un producto o servicio llegue al cliente, con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso para posteriormente iniciar las actividades necesarias para eliminarlas.
Diagrama Spaguetti	Representación del flujo físico de materias, personas e información en el espacio y momento en el que se ejecuta el proceso a estudiar. Sobre un plano se ilustran todos los movimientos que se producen. Permite eliminar los innecesarios y cambiar la configuración del contexto para recortar las distancias recorridas, mejorar los tiempos de respuesta, reducir los riesgos de accidente o mejorar el aprovisionamiento, entre otras medidas.
SMED (Single Minute Exchange of Die)	Conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en menos de diez minutos.
Jidoka	Habilidad del equipo de producción, incluido una simple máquina para identificar el malfuncionamiento y evitar la generación de defectos.
Kan ban	Herramienta de control visual, que permite el eficiente flujo de materias primas en las cantidades necesarias para el proceso productivo.
Flujo una sola pieza	Crear flujo pieza a pieza significa hacer que cada pieza pase de una operación a otra, sin ser un lote completo el que se desplace y sin haber stock intermedio entre operaciones. Aunque no siempre tiene que ser una sola pieza.
Estandarización	Permite definir, balancear, y repartir el trabajo para cumplir con la demanda del cliente a cada momento con el número de trabajadores óptimo. La tarea crítica para el trabajo estandarizado es encontrar el equilibrio entre proporcionar a los empleados procedimientos rígidos a seguir y brindar la libertad de innovar y ser creativos para cumplir consistentemente los objetivos desafiantes de costo, calidad y entrega.
Gestión Visual	Tener a la mano toda la información del sistema para facilitar su comprensión, además de que ayuda a demarcar áreas, materiales, productos, equipos, programas de producción.

Fuente Elaboración propia basada en: Womack y Jones, 2012, Gutiérrez y Orejuela 2018, Marulanda et al, 2016, Ibarra y Ballesteros, 2017.

Para la mejora de la productividad y se dé el incremento de la producción es necesario crear un flujo continuo en las actividades, el flujo continuo es el mejoramiento progresivo de las actividades a lo largo de toda la cadena de valor, desde ordenar hasta entregar, y desde la materia prima hasta las manos de clientes sin paros, desperdicios o rechazos (Womack y Jones, 2012).

Una vez que se ha analizado la demanda del cliente y se ha ideado un sistema para satisfacerla, se debe revisar el flujo de las partes al interior del proceso, procurando que éstas estén en el momento correcto y en las cantidades correctas (Hemalatha et al, 2021).

Entender el flujo continuo es crítico para el uso de las herramientas Lean y para

asegurarse de que las operaciones nunca harán más de lo que se haya demandado. De esta forma, nunca más se producirá más de lo que el cliente pida (Hemalatha et al, 2021).

De los beneficios de implementar herramientas *Lean* se pueden enumerar los siguientes: reducir el tiempo de transición; simplificación del flujo de materiales; reducción del tiempo perdido; mejor rendimiento de la máquina; procesos que son más transparentes y fáciles de controlar; aumento de la productividad; reducción de stock; reducción del tiempo de entrega; formación reducción del tiempo de ciclo; mejorar la eficiencia; reducción de costo; mejoras de calidad (Favela et al, 2019).

METODOLOGÍA

La implementación de las herramientas Lean ha de realizarse de manera secuencial o paralela y dependiendo del objetivo de la mejora se emplean herramientas en específico. El uso inadecuado de las herramientas, así como los recursos en cuanto a tiempo y cantidad, puede llevar al fracaso durante su ejecución (Marulanda, et al, 2016).

La combinación de la metodología DMAIC y el uso de herramienta Lean tiene como objetivo resolver problemas en las organizaciones, con el fin de reducir el desperdicio y hacer que la organización sea más eficiente y competitiva. Esta metodología, como su propio nombre indica, se basa en el ciclo DMAIC con Lean

Herramientas Lean (Cunha y Domínguez, 2015).

Para llevar una secuencia estructurada del uso de las herramientas Lean se emplea la metodología DMAIC, que consiste en un proceso estructurado por 5 fases: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. DMAIC es considerado un ciclo cerrado cuyo objetivo es eliminar pasos improductivos (Pérez y Rojas, 2019). Además, se considera el ciclo DMAIC como un método organizado y secuencial que permite la identificación de problemas y su resolución, apuntando a la mejora continua de los procesos y se enfoca en aplicar distintas herramientas que ayuden al

incremento de la productividad (Ikumapayi, et al, 2020).

La implementación exitosa del enfoque DMAIC con herramientas Lean no se ha investigado completamente, existen algunos estudios empíricos que documentaron cómo se pueden interactuar los enfoques Lean y DMAIC (Nagi y Altarazi, 2017). Actualmente, todavía no hay mucho conocimiento sobre la integración de la metodología DMAIC con herramientas Lean (Ferreira et al, 2019).

Las fases del DMAIC (Ferreira et al, 2019) son:

1. Definir - Se identificar y validar oportunidades de mejora, definir los

requerimientos críticos para el cliente y preparar el equipo de mejora. Definir los indicadores y las metas que medirán el éxito del proyecto.

2. Medir: se obtiene la información base y se mide el rendimiento real del proceso;

3. Analizar: los resultados de las mediciones, determinando las causas de las imperfecciones del proceso y las posibles soluciones.

4. Mejorar: el equipo genera y selecciona un conjunto de soluciones para mejorar el problema.

5. Control: garantizar que la mejora se mantenga en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase Definir

El equipo se integró con el área de ingeniería y asesores externos. Las reuniones del equipo se realizaban por un periodo aproximado de una hora a la semana para dar continuidad al proyecto.

El paso inicial fue documentar la definición del proyecto, el documento que se emplea es un formato llamado "carta del proyecto" en la carta se incluye la siguiente información:

Problema a resolver: Cumplimiento de la demanda del cliente del producto cable OPMX-32, que es de 54,000 piezas por semana, la empresa trabaja dos turnos.

Brecha identificada (debe/es): Antes de la mejora se tenía un promedio de producción en promedio de 4,000 piezas por turno, para satisfacer la demanda del cliente de

54,000 piezas es necesario una producción de 4,500 piezas por turno.

Objetivo del Proyecto: Incrementar la producción a 4,500 piezas por turno para cumplir la demanda del cliente.

En esta fase de definición se realizó un mapa de flujo de valor (VSM) del estado actual de la línea de producción, el cual sirve para analizar los flujos de materiales, la secuencia de las operaciones, las personas por operación, así como el tiempo de operación, también el flujo de información que se requieren para poner a disposición del cliente un producto.

Mediante la elaboración de un mapa de flujo de valor se establece la secuencia de los procesos que más impacto van a crear sobre el cliente, y con ello detectar las oportunidades de mejora ya que se

visualiza las operaciones en las cuales se produzcan más fallos o simplemente aporten más valor a la producción. En este caso la línea de producción cuenta con 10 operaciones con los siguientes hallazgos: se genera un tiempo de

producción de 50.5 horas y un tiempo ciclo de 73 segundos, se encontró que en las operaciones 6 y 7 es donde se estaba produciendo los cuellos de botella encontrando una oportunidad para realizar mejoras como se muestra en la figura 1.

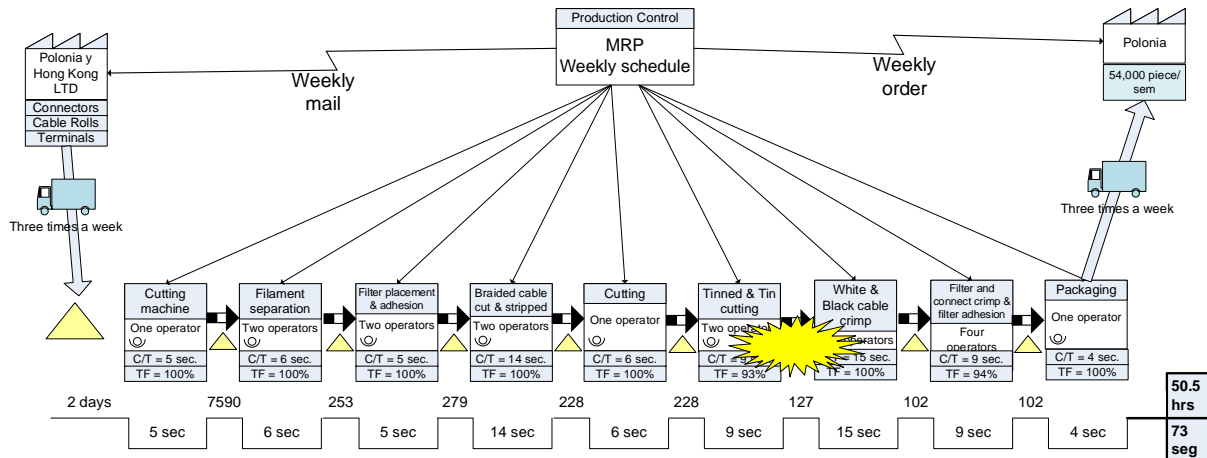


Figura 1. VSM actual línea y la oportunidad de mejora OPMX-32

Una vez descubierto de primera instancia que las operaciones 6 y 7 se puede optimizar el proceso.

Se realizó un diagrama de spaghetti de la línea de producción para visualizar como son los recorridos en la línea de ensamble y con ello detectar los movimientos innecesarios, se encontraron que se realizaban tres recorridos innecesarios, como se muestra en la figura 2.

Otra herramienta empleada para entender la situación actual fue el balanceo de la línea de producción, se realizó una gráfica de barras para entender como estaba balanceada la línea, para balancear una línea es necesario hacer el cálculo de *takt time*, que es la frecuencia con que se debe producir una parte o un producto se

emplea el tiempo disponible de trabajo por día y la demanda, usando la siguiente fórmula:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible\ de\ trabajo\ por\ turno}{Demanda} \quad (1)$$

El tiempo disponible que tiene la línea de producción por turno es de 450 minutos, multiplicado por 60 segundo, la disponibilidad de tiempo es de 27,000 segundos.

La demanda que se requiere por turno es de 4,500 piezas. $Takt\ time = (27,000\ seg)/(4,500\ piezas) = 6\ seg/pieza$.

Con el *takt time* calculado se encuentra que tres operaciones estaban arriba del *takt time* ocasionando cuellos de botella, ver figura 3.

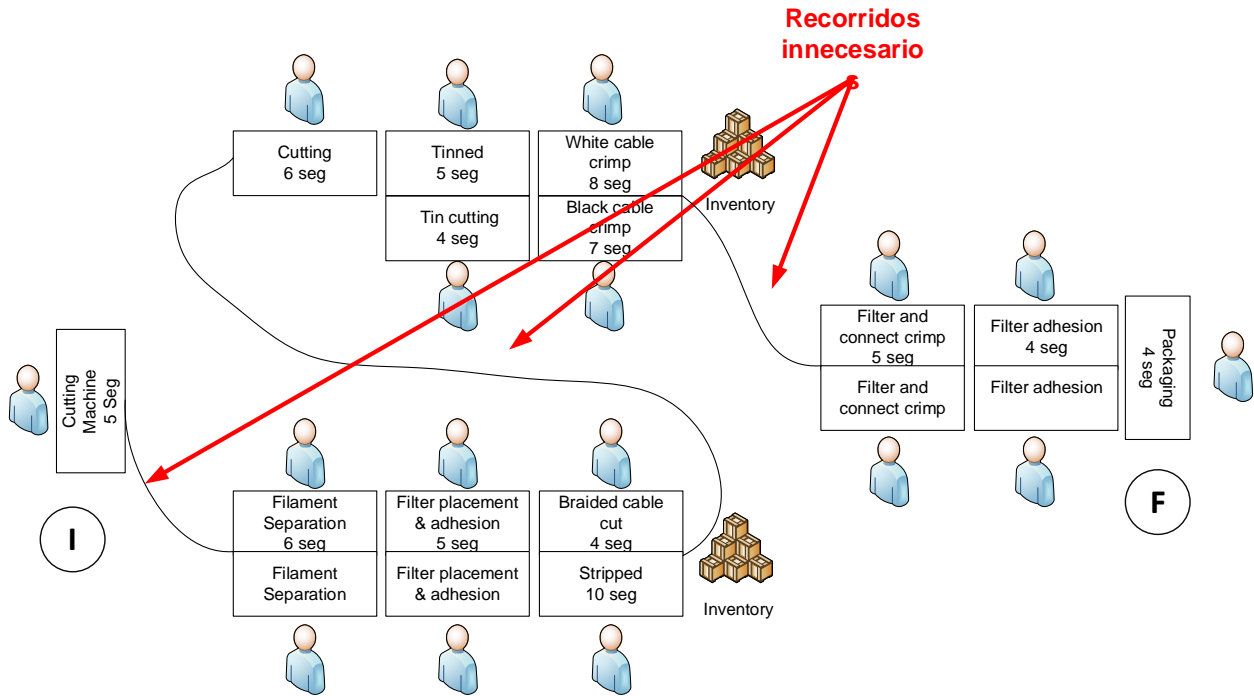


Figura 2. Diagrama de spaghetti actual línea OPMX-32

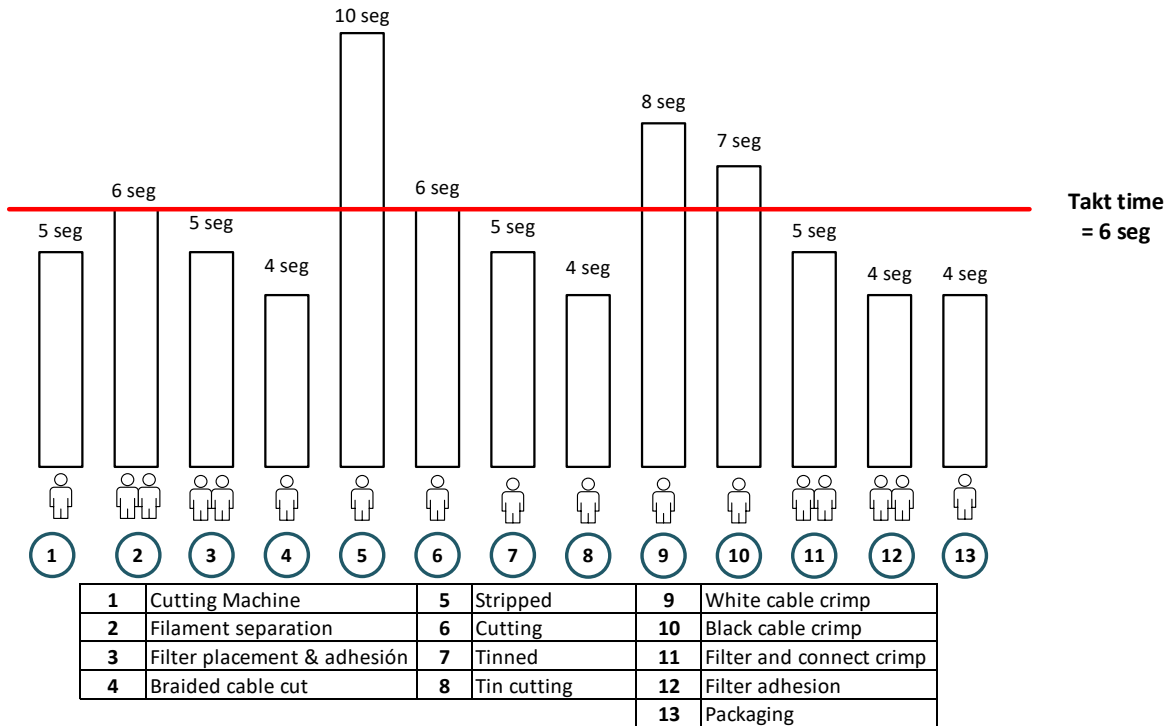


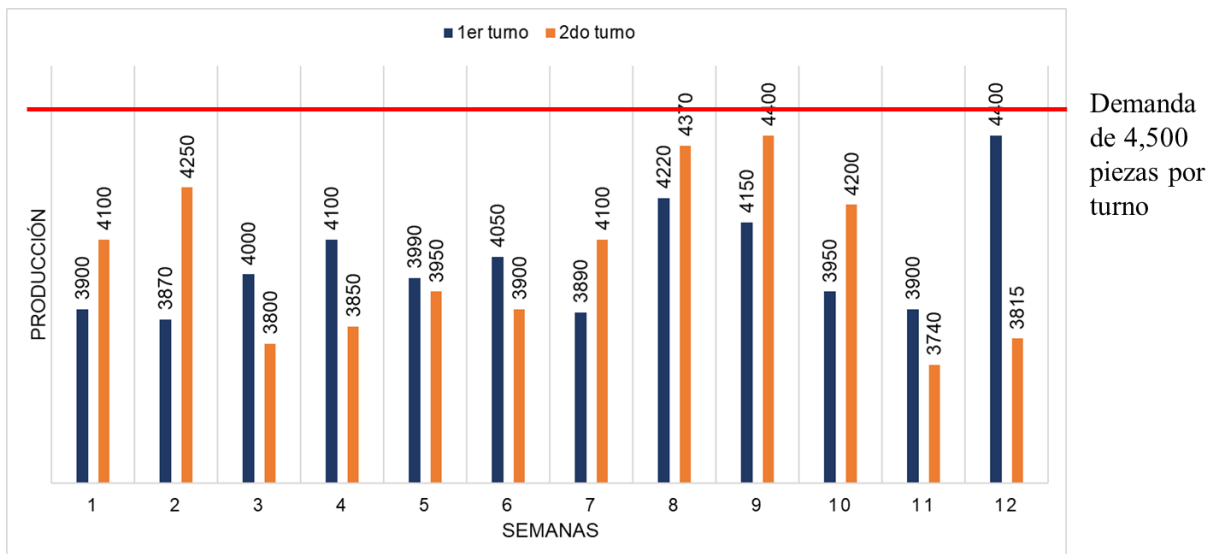
Figura 3. Balanceo de la línea OPMX-32 antes de la mejora

Con esta distribución de la línea de producción se encontraron los siguientes hallazgos:

- Cuello de botella en las operaciones 6 y 7 ocasionando tiempo muerto en las operaciones siguientes.
- Tres recorridos incensarios entre las operaciones de la línea de producción.
- Tres operaciones arriba del takt time ocasionando cuellos de botella
- No hay una distribución de la línea de ensamble que permita el flujo continuo de las operaciones.

Fase Medir

En esta fase de medición se realizó una gráfica que permitiera ver la producción en promedio por turno de las últimas 12 semanas, la demanda del cliente es de 54,000 piezas por semana, se trabajan dos turnos, en la gráfica 1 se observa que no se cumplen con la producción para surtir la demanda requerida por el cliente que son 4,500 piezas por cada turno.



Gráfica 1. Producción por turno

Fase Analizar

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora.

En esta etapa se realizó un diagrama de recorrido donde se puede visualizar que trayecto se hace en la línea de producción, los tiempos que se hacen en la operación y las demoras, así se identifican cada

movimiento para a posteriori buscar cual es el orden más lógico para maquinas, equipos y rediseñar puestos de trabajo y así ganar en eficiencia dentro de la línea, reduciendo tiempo de desplazamientos de operarios y aumentando el rendimiento de producción, en la figura 4 se muestra el diagrama de recorrido, donde se visualiza que el proceso consta de 13 operaciones, 5 recorridos y 2 demoras.

Tabla 3. Operaciones, Tiempo y Personas

Operación		Tiempo (segundos)	Personas
△ 1	Almacén	0	
□ 1	Recorrido		
○ 1	Cortar cable	5	1
□ 2	Recorrido	10	
○ 2	Separación de filamento	6	2
○ 3	Cololación de filtros y adhesión	5	2
○ 4	Corte de cable trenzado	4	1
○ 5	Despojar cable	10	1
□ 1	Espera	1250	
□ 3	Recorrido	6	
○ 6	Cortar cable	6	1
○ 7	Estañado de cable	5	1
○ 8	Corte de estaño	4	1
○ 9	Engarzar cable blanco	8	1
○ 10	Engarzar cable negro	7	1
□ 2	Espera	1800	
□ 4	Recorrido	6	
○ 11	Filtrar y conectar crimpado	5	2
○ 12	Pegar filtro	4	2
○ 13	Empacar	4	1
□ 5	Recorrido		
△ 2	Almacén	0	
Total		3145	17

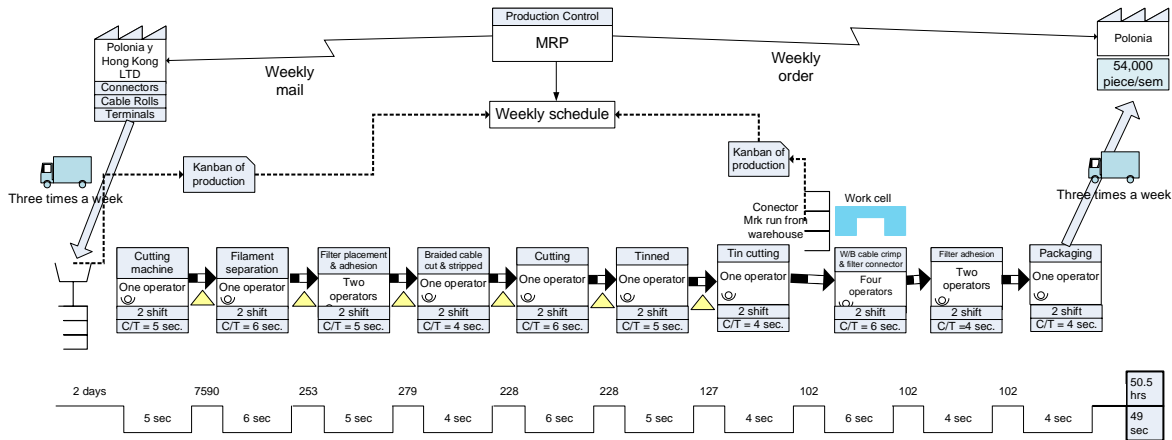


Figura 5. VSM futuro línea OPMX-32

En resumen, entre el VSM del estado actual con el VSM del estado futuro se muestra en la tabla 4, como se ve existe la oportunidad de reducción de tiempo de producción de

50.5 horas a 6.1 horas, y con ello se incrementa la producción. El takt time resultado es de 6 segundos.

Tabla 4. Comparativo del VSM actual vs VSM futuro

	Cable Rolls	Uptime	Operators	Lead time	Finished goods per shift
Actual	2 días	87%	17	50.5 horas	3900
Futuro	6 horas	100%	16	6.1 horas	4500

Basado en esto se empezó a proponer algunas mejoras como:

- Introducir tarjetas Kanban para el suministro de rollos de cable del almacén y el surtimiento de los conectores para la operación "Placement of the filter and connector"
- Implementar una celda de manufactura con dos máquinas de crimpado y una operación manual.
- Realizar un balanceo en la línea para alcanzar el takt time de 6 segundos.
- Eliminar los tiempos muertos por recorridos innecesarios

Otra mejora sustancial se realizó con un balanceo de la línea de producción, anteriormente se tenía un total de 17 operarios y tres operaciones estaban arriba del takt time ocasionando cuellos de botella, se decidió mover una persona de la operación "filament separation a stripped", así como realizar una célula de manufactura que agrupen las operaciones White cable crimp, black cable crimp y filter and connect crimp, ver figura 6.

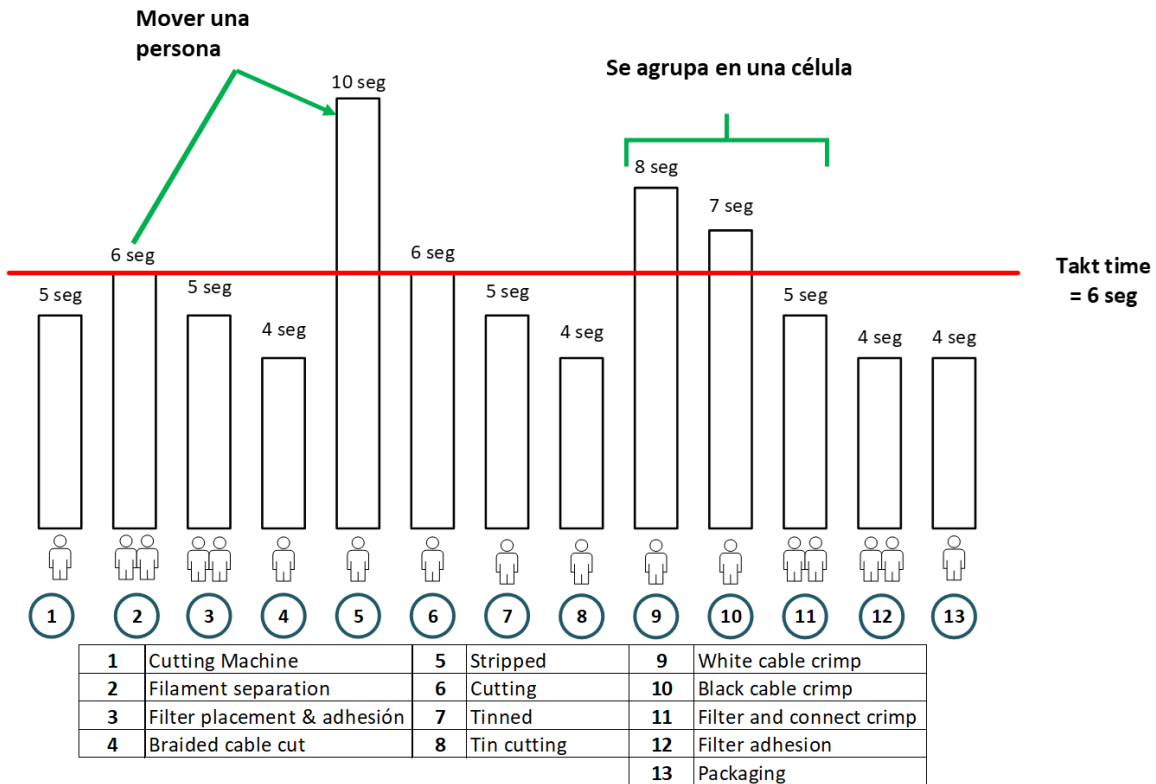


Figura 6. Distribución del personal antes de la mejora

Con esta información y al realizar el balanceo se agruparon actividades y se disminuyó 2 operarios además de que el tiempo de las operaciones son menor o igual al takt time ver figura 7.

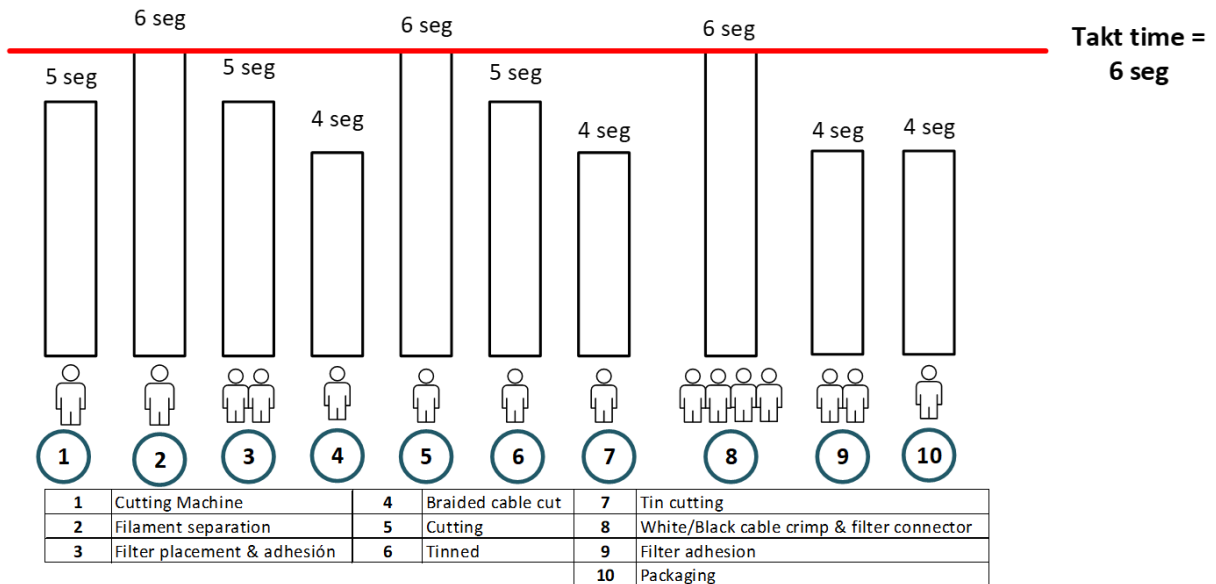


Figura 7. Distribución del personal después de la mejora

Ser realizó un diagrama de recorrido con las mejoras quedando donde se visualiza un flujo continuo en las operaciones, se eliminaron 3 recorridos innecesarios y 2

demoras, y tiempos muertos en las últimas operaciones, con la célula de manufactura, como se muestra en la en ver figura 8.

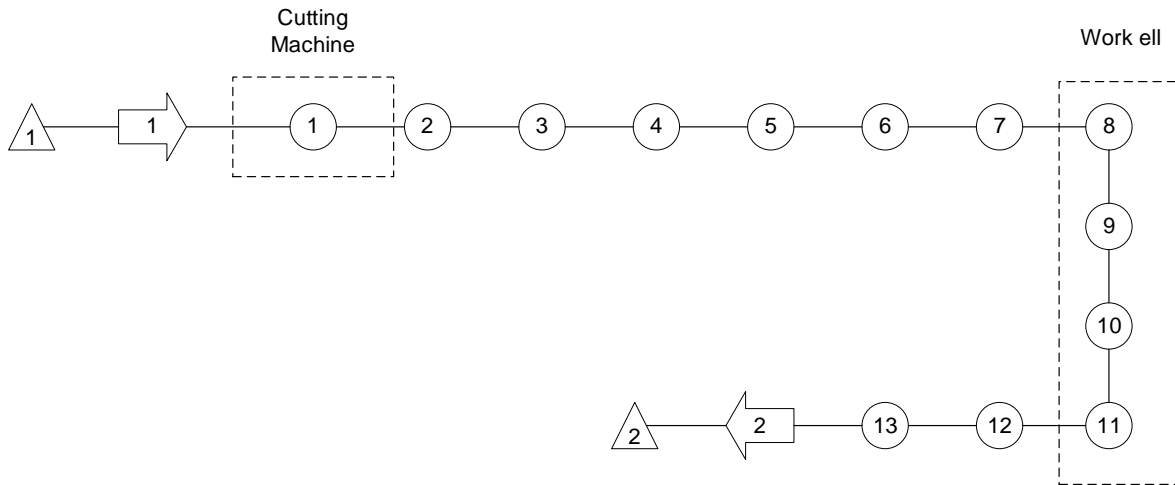


Figura 8. Diagrama de recorrido con las mejoras

En la tabla 5 se muestra un resumen de las operaciones, el tiempo en segundos y las personas por operación después de la mejora, se muestra que son un total de 49 segundos que se lleva ensamblar una pieza y un total de 15 personas.

Una vez realizado el balanceo se hizo la distribución de la línea de producción para eliminar los recorridos innecesarios además de acomodar la célula de manufactura, como se muestra en la figura 9.

Tabla 5. Operación, tiempo y personas

Operación	Tiempo en segundos	Personas
1	0	
1		
1	5	1
2	6	1
3	5	2
4	4	1
5	6	1
6	5	1
7	4	1

Operación	Tiempo en segundos	Personas
8	1	1
9	2	1
10	2	1
11	1	1
12	4	2
13	4	1
2		
2	0	
Total	14	7

Work cell

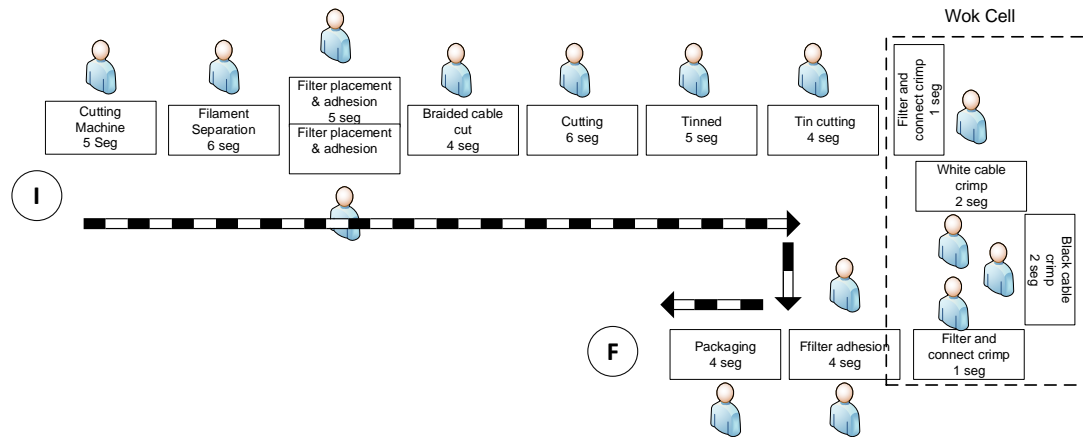


Figura 9. Distribución de la línea después de la mejora

Con esta distribución se eliminan los recorridos innecesarios y se tiene un flujo continuo entre las operaciones.

Fase Controlar

En esta fase de control se determinaron las siguientes acciones:

- Capacitar al personal para las operaciones que se integraron en la célula de manufactura
- Ayudas visuales para la estandarización de las operaciones

DISCUSIÓN

El estudio demuestra que el empleo de herramientas *Lean* combinada con una metodología como la DMAIC pueden dar resultados que beneficien a los procesos de producción. Con el enfoque DMAIC, utilizado consistentemente en todas sus etapas, fue importante para definir la situación que se presentaba y así ir descubriendo las oportunidades de mejora conforme se iba pasando cada etapa para posteriormente aterrizar en el flujo continuo y el aumento de producción con la eliminación de movimientos innecesarios y tiempo de espera.

A través de la implementación, se logró un aumento de la producción del 35% por turno, el *takt time* se adaptó a la demanda

requerida por los clientes que es de 6 seg/pza. Los problemas identificados fueron el elevado tiempo de espera y recorridos innecesarios por una distribución inadecuada de la línea de producción los cuales fueron eliminados. Otras mejoras sustanciales fueron que se dejaron de generar 4 horas de tiempo extra diarias y la reducción de 2 operarios en la línea de manufactura.

El principal aporte de este trabajo es permitir a las organizaciones resolver problemas de una manera más sencilla, mediante el uso de la metodología DMAIC con herramientas *Lean*. Esta metodología demostró ser posible resolver problemas con una secuencia lógica y ágil de manera

que mejora el desempeño de las organizaciones.

La aplicación de herramientas *Lean Manufacturing*, se ha visualizado otros campos de aplicación en diversas ramas de la industria, tanto manufacturera como de servicios, dando resultados favorables en el aumento de la productividad (Favela et al, 2019). *Lean Manufacturing*, tiene una característica de aplicabilidad amplia, a cualquier tipo de industria, inclusive a la de servicio, lo cual le brinda un carácter genérico, universal y flexible, ya que se puede aplicar en diferentes tipos proceso.

Sin embargo, se debe tener cuidado al momento de realizar la aplicación de herramientas *Lean*, ya que se puede caer en errores frecuentes como:

-Organizar largas reuniones, que nunca acaban, sin un objetivo concreto, que siempre son improductivas, en las que se deducen mejoras que nunca se implantan.

-La falta de compromiso por parte de la gerencia, ya que es el sponsor que motiva, impulsa y da apertura para descubrir y ejecutar las mejoras.

-Como se tiene un desconocimiento de las herramientas *Lean* y se piensa que es para despedir a personas se genera una falta de colaboración de ciertas áreas de la empresa y hace que no fluya la información, por ello es importante hacer un trabajo de concientización para comprender la filosofía *Lean Manufacturing*.

-Mejorar la comunicación con los responsables de producción para mejor integración y desarrollo de las mejoras

Considerando estos posibles errores se deduce que la influencia del personal es determinante en el éxito de la aplicación, ya que se debe estar convencido de los beneficios y ventajas que aporta al proceso de producción, por ellos se requiere disposición al cambio.

La implantación de las herramientas *Lean*, permite obtener unas mejoras claras en muchos aspectos esenciales de las empresas: productividad, costos, flexibilidad y participación del personal, observándose en el incremento del desempeño operacional.

En general, las empresas que han puesto en práctica *Lean Manufacturing* como su filosofía de trabajo como se puede observar en los resultados presentados han experimentado reducciones significativas en las áreas utilizadas, costos de producción, inventarios, costos de calidad, costos de compra y *Lead time*, al mismo tiempo que aumentan su productividad, flexibilidad, mejoran la calidad, mejor utilización del personal, y logran un mejor uso del espacio y maquinarias, (Vargas, et al, 2018).

Las herramientas de *Lean Manufacturing*, conceptualizada y validada en este estudio ayuda a integrar los problemas técnicos de la implementación de dichas herramientas con los beneficios de un sistema de fabricación completo y coherente; la implementación de este método implica mejora del proceso de producción con el propósito de satisfacer los requisitos del cliente, así como las metas organizacionales (Basu, et al, 2018).

CONCLUSIONES

La aplicación de herramientas *Lean Manufacturing* bajo la metodología DMAIC ha ayudado al incremento de producción en un 35% en la línea de ensamble OPTMX32, además de eliminación de tiempos muertos, ahorro en mano de obra y eliminación de tiempo extra, estas mejoras se traducen en un mejor flujo de producción que permitirá a la empresa entregar la demanda solicitada por parte del cliente. Con esta mejora, la organización es capaz de responder a la expectativa del cliente y que la venta del producto OPMX-32 sea factible económicamente y con un margen de utilidad mayor al esperado.

Si bien es evidente los beneficios de implementar las herramientas Lean en el proceso de producción, esto requiere de personal comprometido y abierto al aprendizaje para utilizar y comprender las herramientas adecuadas para el logro de los objetivos planteados y de esta forma

vencer la resistencia al cambio que sigue siendo un fenómeno generalizado entre el personal obstaculizando el inicio del proyecto, sin embargo, una vez entrados en la dinámica existe una disponibilidad para el trabajo.

En este estudio, el uso de herramientas *Lean Manufacturing* solo fue validada en una línea de producción y en el sector de autopartes, se espera su aplicabilidad en otras líneas de producción de la empresa y en otros sectores industriales y de servicios ya que ha demostrado resultados mediables para la empresa, además al ser una serie de herramientas dinámica y en combinación con la metodología DMAIC, ofrece una multitud de aplicaciones en diferentes procesos y tipos de industrias. Así que se espera que ayuden a resolver problemas en cualquier tipo de organización, de manera efectiva y eficiente.

REFERENCIAS

- Basu, P., Ghosh, I. y Dan, P. (2018). Structural equation modelling based empirical analysis of technical issues for lean manufacturing implementation in the Indian context. *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 57-61. <http://dx.doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333920>
- Chroneer, D. y Wallstrom, P. (2016). Exploring Waste and Value in a Lean Context. *International Journal of Business and Management*, 11 (10), 282-297. <http://dx.doi.org/10.5539/ijbm.v11n10p282>
- Cunha, C. y Dominguez, C. (2015). A DMAIC project to improve warranty billing's operations: a case study in a Portuguese car dealer. *Procedia Computer Science*, (64), 885-893. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.603>
- Dawood, S., Elsayed, A., Rahaman, A. y Karthinkeyan, R. (2018). Role of Lean Manufacturing Tools in Soft Drink Company.

- International Journal of Mechanical Engineering*, 5 (1), 1-7.
<https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V5I1P101>
- Favela, M., Escobedo, M., Romero, R. y Hernández, J. (2019). Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: modelo conceptual propuesto. *Revista Lasallista de Investigación*, 16 (1), 115-133.
<https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>
- Ferreira, C., Sá, J., Ferreira L., Lopes, M., Pereira, T., Ferreira L., y Silva, F. (2019). iLeanDMAIC- A methodology for implementing the lean tolos. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095-1102.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>
- Gutierrez, O. y Orejuela, J. (2018). *Evaluación de Herramientas Lean Aplicadas al Proceso de Ingeniería de Schneider Electric de Colombia-SEC*. [Tesis de Maestría], Universidad de la Sabana, Colombia.
<https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/33528>
- Hemalatha, C., Sankaranarayanan, K. y Durairaj, N. (2021). Lean and agile manufacturing for work-in-process (WIP) control. *Materials today: Proceedings*. In press.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.473>
- Ibarra, V., y Ballesteros, L. (2017). Lean Manufacturing. *Conciencia Tecnológica*, 53, 54-58.
<https://www.redalyc.org/journal/944/94453640004/94453640004.pdf>
- Ikumapayi, O., Akinlabi, E., Mwema, F. y Ogbonna, O. (2020). Six sigma versus lean manufacturing – An overview. *Materials today: Proceedings*, (26), 3275-3281.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.986>
- Johansson, P., y Ostermana, C. (2017). Conceptions and operational use of value and waste in lean manufacturing – an interpretivist approach. *International Journal of Production Research*, 55, (23), 6903–6915.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.132664>
- Krishna, S., Jayakumar, V. y Suresh, S. (2020). Defect analysis and lean six sigma implementation experience in an automotive assembly line. *Material Today: Proceedings*, (22), 948-958.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.139>
- Marulanda, N., León, G., González H, y Hincapié, E. (2016). Caracterización de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing: Estudio de caso en algunas empresas colombianas. *Poliantea*, 12 (22), 39-62.
<https://doi.org/10.15765/plnt.v12i22.994>
- Nagi, A. y Altarazi, S. (2017). Integration of Value Stream Map and Strategic Layout Planning into DMAIC Approach to Improve Carpeting Process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10 (1), 74-97.
<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2040>
- Palange, A. y Dhattrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 46 (1), 729-736.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>
- Pérez, I. y Rojas, J. (2019). Lean, Seis Sigma y Herramientas Cuantitativas: Una Experiencia Real en el Mejoramiento Productivo de Procesos de la Industria Gráfica en Colombia. *Revista de métodos cuantitativos para economía y la empresa*, (27), 259-284.
<https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/3218>
- Samuel, R., Rajesh, M., Rajanna, S. y Franklin, E., (2021). Implementation of lean manufacturing with the notion of quality improvement in electronics repair industry. *Materials Today: Proceedings*.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.200>
- Sarria, M., Fonseca, G. y Bocanegra-Herrera, C. (2017). Modelo metodológico de

implementación de Lean Manufacturing. *Revista EAN*, 83, 51-71.

<https://doi.org/10.21158/01208160.n83.2017.1825>

Shah D. y Patel P. (2018). Productivity Improvement by Implementing Lean Manufacturing Tools In Manufacturing Industry. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5 (3), 3794-3798.

<https://www.irjet.net/archives/V5/i3/IRJET-V5I3888.pdf>

Vargas, J., Muratalla, G. y Jimenez, M. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. *Ciencias Administrativa*, (11), 81-97. <https://doi.org/10.24215/23143738e020>

Womack, J. y Jones, D. (2012). *Lean Thinking*, 1ra. Ed. [pub]. Madrid: Gestión 2000.

Autores

José Antonio Varela Loyola. Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Apizaco, México (1998), Maestro en Administración por el Instituto de Estudios Universitarios A. C., Puebla, México (2007), Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México (2013). Profesor investigador en la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México. Consultor en Lean Six sigma, Sistemas de Calidad y Estrategia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4154-3170>

Email: joseantonio.varela@uptlax.edu.mx

José Nemorio Méndez Mendoza. Graduado del Instituto Nacional de México (Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México) 1998, Maestro en Ciencias de la Ingeniería Industrial del Instituto Nacional de México (Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila México) 2010. Profesor de tiempo completo de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1991-9987>

Email: josenemorio.mendez@uptlax.edu.mx

Jacobo Tolamatl Michcol. Ingeniero industrial (ITP, 2005). Instituto Tecnológico de Puebla (ITP), Tlaxcala, México; Maestro en ciencias en ingeniería industrial (ITP, 2009); Doctor en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología (UPAEP, 2013). Profesor de tiempo completo de la Universidad Politécnica de Tlaxcala, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1435-7348>

Email: jacobo.tolamatl@uptlax.edu.mx

Recibido: 11-01-2021

Aceptado: 27-06-2021