

Capítulo 3. Herramientas de manufactura esbelta para la mejora integral del proceso de alineación de llantas en una ensambladora automotriz del estado de Aguascalientes

Iván Jaziel Hernández Méndez*
Salomón Montejano García**

Introducción

Contrario a la expectativa de crecimiento prevista hace unos años para la industria automotriz en México y derivado principalmente de los efectos de la emergencia sanitaria por la COVID-19 de manera global, en la actualidad la incertidumbre y la crisis económica han generado que las condiciones del mercado automotriz se vuelvan muy volátiles, tanto que los planes de producción y proyecciones de venta establecidos están sufriendo replanteamientos y adaptaciones constantemente, semana tras

* Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, estudiante de la Maestría en Administración Generación 2021-2022. E-mail: al112463@edu.uaa.mx

** Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Recursos Humanos. E-mail: salomon.montejano@edu.uaa.mx

semana, en función de diversos factores a lo largo de toda la cadena de valor, que van principalmente desde restricciones sanitarias, legislaciones aduanales, retrasos de materiales, escasez de componentes, entre otras, y que en general han mermado las ventas y producción de vehículos en los últimos años.

Bajo estas condiciones adversas, las empresas se han dado a la tarea de buscar la manera de seguir compitiendo en el mercado y se vuelve crucial el mayor aprovechamiento de los recursos que disponen, ya sean económicos, tecnológicos, de infraestructura, materiales y principalmente de mano obra, por lo que es necesario detectar y analizar los problemas a detalle, buscando optimizar los procesos para mantener a flote el negocio. Para acercarse cada vez más a los niveles óptimos de operación, las empresas basan sus esfuerzos de mejora en herramientas y metodologías estandarizadas que ya han sido probadas durante décadas con resultados sobresalientes y que, hasta la fecha, sigue siendo relevante su conocimiento y aplicación, teniendo la bondad de poderse adaptar a cualquier entorno, siempre con el objetivo de mejorar la condición actual de los procesos en empresas de todo tipo.

Es por ello que en esta intervención se propone realizar la implementación de herramientas de análisis propias de la manufactura esbelta, que permitan generar soluciones a los problemas existentes en una estación de trabajo, en particular dentro de una planta ensambladora de vehículos del estado de Aguascalientes: Se busca, además una mejora denominada integral, que pretende incrementar la capacidad real de la estación, y que al mismo tiempo que permita reducir los costos de mano de obra, garantizando los niveles de calidad requeridos y mejorando la ergonomía de la operación con la finalidad de contribuir al alcance de los objetivos de producción, costos, calidad y seguridad en la división de manufactura de la compañía.

Se vuelve necesario, entonces, generar, proponer, evaluar y aplicar alternativas de mejora que permitan minimizar los costos generados por la mano de obra y optimizar la capacidad instalada de los equipos de la estación de trabajo de ajustes/alineación de llantas, para contribuir al alcance de los objetivos de la compañía. Dicha estación pertenece a la línea de pruebas vehiculares, que es administrada por el Departamento de Calidad Vehicular; le antecede la línea principal de ensamble y se encuentra previo a la evaluación de pruebas dinámicas en la pista de pruebas de la planta. Asimismo, esta estación se conforma por un espacio delimitado por una fosa que permite el acceso a los ajustes y donde físicamente sólo es posible procesar un vehículo a la vez. Debido esta limitante

de infraestructura, este proceso de pruebas ahora se divide en dos líneas idénticas y se ha asignado por parte del Departamento de Ingeniería Industrial una plantilla de cuatro inspectores (dos por fosa) en la estación de ajustes para realizar esta operación. La anterior consiste en la interacción constante entre mediciones de parámetros por parte del equipo y el ajuste mediante el uso de herramientas manuales, como llaves españolas y torquímetros.

Desde el inicio de producción del nuevo producto, se observa una dificultad por alcanzar la capacidad requerida en el proceso, por lo que ya se han realizado algunos estudios que confirman la condición de incumplimiento; al mismo tiempo se observa el desaprovechamiento de la mano de obra que labora en esta estación y ante la problemática existente, se ha conformado un equipo multidisciplinario para analizar la operación y generar alternativas de mejora.

Revisión de la literatura

La manufactura esbelta, como una filosofía de trabajo, tiene su origen en la industria automotriz japonesa; nace directamente del tan aclamado Toyota Production System (TPS), el cual se desarrolló durante el siglo pasado de la mano de los directivos de Toyota Motor Co., principalmente Eiji Toyoda y Taiichi Ohno. Dicho sistema de producción revolucionó por completo las industrias a nivel mundial, tanto por sus aportaciones valiosas en cuanto a la optimización de los procesos productivos, como por su impacto a la rentabilidad de los negocios.

Este sistema de producción lo detalla Taiichi Ohno en su libro publicado originalmente en 1978, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* y afirma que más que un simple sistema de producción, es “un sistema de dirección adaptado a la era actual de mercados globales”.

El éxito del TPS fue tan evidente y significativo, que rápidamente su aplicación se popularizó por todo el mundo, prácticamente en todo tipo de industrias, no sólo del ramo automotriz. A este estudio se sumaron las aportaciones y divulgación, a través de los años, de una gran cantidad de investigadores, entre los que destacan James Womack, Daniel Jones y Daniel Roos, quienes en 1990 publicaron su obra *The machine that changed the world*, en la que se analizó a profundidad los principios y herramientas del TPS y utilizaron por primera vez el término “lean manufacturing” para referirse a esta filosofía de trabajo, que ha

sido una evolución del TPS para su implementación y adecuación a todo tipo de procesos e industrias de manufactura y servicios alrededor del mundo.

De acuerdo con Ibarra-Balderas y Ballesteros-Medina (2017), podemos definir la manufactura esbelta como: “Una manera simple de mejorar las operaciones o actividades de cualquier sistema de producción. Lean es hacer más con menos y con menos esfuerzo, (menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio), es un sistema integrado de principios y métodos, una filosofía de gestión de la empresa que lleva a la perfección de todo el sistema”. Bajo este enfoque, podría decirse que la manufactura esbelta es una metodología sistematizada encaminada a identificar, reducir y controlar los desperdicios en los procesos productivos para obtener mejores resultados al menor costo posible, entendiéndose como un modelo de gestión óptimo de los recursos de una organización, perteneciente a una cultura de mejora continua (Pérez-Vergara y Rojas-López, 2019, p. 261).

Hablar de manufactura esbelta es entonces hablar de procesos justos, seguros y eficientes, en el sentido de reducir o eliminar todas aquellas actividades que no transforman el producto y, por consiguiente, que el cliente no está dispuesto a pagar. Para lograrlo, habremos de determinar mediante un pensamiento esbelto y desde una perspectiva del cliente, los conceptos que generan valor en los procesos (Azian *et al.*, 2013, p. 175). Definimos los conceptos y tenemos que:

- Valor agregado: actividades concretas que a través de un proceso productivo (maquinaria, métodos, mano de obra) van transformando los insumos (materiales) en bienes de consumo (subproductos, productos terminados, servicios).
- No valor agregado necesario: actividades mínimas requeridas, que, aunque no modifican los insumos, son necesarias dentro de los procesos productivos.
- No valor agregado: actividades complementarias que no modifican los insumos y suelen no ser necesarias en lo absoluto dentro de los procesos. Generalmente, en estas actividades radica la oportunidad de reducción o eliminación de los desperdicios.

En la filosofía “lean”, existen tres principales conceptos que entorpecen la producción, denominados con las palabras japonesas MUDA, que se traduce en los desperdicios o despilfarros de recursos y/o materias primas; MURA, que

nos habla de irregularidades en los procesos que obstruyen el flujo de la producción y MURI, que nos advierte de ambientes de trabajo tensos que atentan contra la productividad de la organización (Onho, 1978). En la práctica, es muy común el enfoque de mejora a las MUDA o los desperdicios en los procesos de producción, ya que, al estar completamente ligados a las actividades de transformación, resultan ser muy evidentes y mucho más fáciles de identificar que las MURA y MURI.

Es por ello, que, desde la concepción del TPS, Onho (1978) realizó una clasificación de los siete desperdicios clásicos dentro del sistema productivo; aunque con los años, otros autores han agregado un octavo desperdicio a la lista, como Womack y Jones (2003), que argumentan que este se trata de productos y servicios que no cumplen las necesidades del cliente, o Jeffrey K. Liker (2004), quien menciona el talento como desperdicio en la organización. En lo personal, coincido con Liker, ya que muchas veces las capacidades de las personas suelen ser subestimadas, sobre todo el personal operativo, que cuando se plantean propuestas de mejora resultan tener ideas más claras y funcionales, puesto que son los actores principales del proceso y, como tal, poseen un alto nivel de experiencia en la actividad.

Así pues, enlistamos los tipos de desperdicios, que incluso se pueden ordenar de manera que se enfatizan con el acrónimo DOWNTIME, por sus iniciales en inglés, haciendo referencia al tiempo de NO utilización de los recursos. De acuerdo con Pons (2014), definimos los tipos de desperdicios por concepto:

1. DEFECTS. Defectos: errores en el diseño, en los procesos de fabricación en los que el producto no cumple con los requerimientos del cliente.
2. OVER PRODUCTION. Sobreproducción: fabricación de productos en cantidades más grandes que las requeridas o más pronto de lo necesario; uso de un equipamiento altamente sofisticado cuando uno mucho más simple sería suficiente; más calidad que la esperada.
3. WAITING. Esperas: demoras e interrupciones del trabajo, tiempo de inactividad en cual los recursos permanecen sin aprovechamiento para la transformación de bienes.
4. NON-UTILIZED TALENT. Talento no utilizado: es el desperdicio de ideas, aptitudes, actitudes, oportunidades de aprendizaje generadas por no motivar y/o no escuchar a los empleados.

5. **TRANSPORTATION.** Transportes: se refiere al transporte innecesario relacionado con el movimiento interno de los recursos (materiales, datos, etc.). Por lo general, está relacionado con una pobre planeación de la logística de materiales (internos y externos).
6. **INVENTORY.** Inventarios: se refiere a los inventarios excesivos, innecesarios o antes de tiempo que conducen a daños y/o pérdidas de material (por deterioro, obsolescencias, condiciones inadecuadas de stock, robo, vandalismo, etc.).
7. **MOTIONS.** Movimientos innecesarios: se refiere a los movimientos no requeridos o ineficientes realizados por los trabajadores durante su trabajo. Esto puede ser causado por la utilización de equipo inadecuado, métodos de trabajo ineficaces, falta de estandarización o mal acondicionamiento del lugar de trabajo, así como generar mayor fatiga en el trabajador.
8. **EXTRA PROCESSING.** Sobreprocesamiento: procesos adicionales que causan el uso excesivo de materia prima, energéticos, mayor desgaste de herramientas y equipos, etc., o que tienen mayor nivel de monitoreo y control innecesario, como las inspecciones duplicadas.

Una vez conociendo la clasificación de los desperdicios, en la manufactura esbelta existen múltiples herramientas que se han desarrollado con los años y que podemos aprovechar y adecuar para su aplicación en cualquier organización; estas representan una serie de técnicas de estudio y análisis con diversos objetivos puntuales. Sin embargo, de acuerdo con Hernández-Matías y Vizán-Idoipe (2013, p. 34), “el número de técnicas es muy elevado y los expertos en la materia no se ponen de acuerdo a la hora de identificarlas, clasificarlas y proponer su ámbito de aplicación”. Aunque cada autor puede enlistar o agrupar herramientas de manufactura esbelta, según su criterio, considerando o no herramientas en sus listados de clasificación o de acuerdo con el tipo de industria donde se emplean, Hernández-Matías y Vizán-Idoipe (2013) proponen una clasificación en tres principales grupos de herramientas:

Grupo 1. En este grupo, las herramientas tienen una gran posibilidad de aplicación real en cualquier compañía, puesto que se trata de controles básicos de la gestión de procesos en campo, que cualquier organización que busque ser competitiva prácticamente está obligada a su cumplimiento.

Encontramos aquí, entre otras, las 5S, estandarización de procesos, SMED, TPM, Controles Visuales, etc.

Grupo 2. Este grupo de herramientas, si bien también pueden moldearse fácilmente a cualquier organización, requiere un mayor nivel de compromiso de las personas a todos los niveles y se involucran conceptos como un cambio en la cultura organizacional. Aquí encontramos herramientas como Jidoka, técnicas de calidad, sistemas de participación del personal, entre otras.

Grupo 3. Por último, las herramientas de este grupo son aquellas que, por su aplicación, requieren un mayor nivel de especialización de los agentes de cambio y su enfoque está encaminado a la gestión de toda la cadena de valor como un sistema JIT integral. Tenemos herramientas como Heijunka y Kanban, por mencionar algunas.

A pesar de la gran diversificación y opiniones respecto a una clasificación de las herramientas de manufactura esbelta, creo que lo más importante es entender que todas comparten los conceptos de estandarización, control y mejora continua y su enfoque siempre será elevar la rentabilidad de los negocios, que podremos traducir en términos de productividad, eficiencia y rendimiento.

Metodología

El tipo de investigación a utilizar será el estudio de caso, debido a que se buscará una solución a un problema en particular dentro de una empresa determinada; asimismo, el estudio de caso permite utilizar técnicas de investigación tanto cualitativas, como cuantitativas, lo cual permite la obtención de datos desde diversas fuentes y perspectivas para su posterior análisis y evaluación, mismas que se realizarán en las instalaciones de una planta de manufactura automotriz del Estado de Aguascalientes, concretamente en sus líneas de pruebas vehiculares, en las estaciones de ajuste/alineación de llantas. Para la investigación se utilizarán múltiples técnicas que permitan recabar información relevante del proceso a estudiar; algunas de las técnicas a utilizar se enlistan a continuación:

- Técnicas de investigación cualitativas:
Entrevistas a profundidad (Operadores, inspectores, supervisores).
Focus Groups (Equipos de trabajo multi-disciplinarios).

Observación de operación.

Auditorías.

- Técnicas de investigación cuantitativas:
 - Observación formal e informal.
 - Estudios de tiempos.
 - Pruebas funcionales.

La recolección de datos puede obtenerse de la totalidad de la producción; sin embargo, el tiempo de observación y análisis está sujeto al horario administrativo. De igual manera, sólo se podrá observar al personal operativo del grupo de trabajo en turno, pudiendo existir variación en las observaciones de diferentes trabajadores, debido a la rotación de operaciones durante el turno. La realización de pruebas especiales o simulaciones para la captura de datos estará sujeta a la disponibilidad de mano de obra y principalmente, al cumplimiento del volumen de producción.

Propuesta de intervención

En línea con las estrategias de actualización de productos de la compañía, a finales de 2019 se definió en una de las plantas ensambladoras de vehículos del estado de Aguascalientes, el arranque de la producción masiva de un nuevo modelo para mercado doméstico y de exportación.

Junto con el nuevo diseño del producto, los procesos de manufactura también han tenido que ser adaptados y renovados para atender los nuevos requerimientos del ensamble del vehículo. Además, a raíz del cambio generacional del producto, las expectativas de ventas para los primeros años superaban por mucho la producción de la planta, que, en ese entonces, ya operaba a máxima capacidad, por lo que las principales inversiones giraron en torno al ajuste de las líneas de producción para incrementar la capacidad, derivando en la integración y/o renovación de equipos, herramientas, métodos y el ajuste correspondiente a la cantidad de mano de obra requerida.

A raíz de la innovación en el diseño y adopción de nuevas tecnologías tanto en el producto, como en los procesos de producción y confirmación de calidad, surge una serie de problemas que deben ser atendidos en función de los objetivos de la compañía, principalmente en términos de volumen de producción y costos, donde la cantidad de mano de obra desempeña un papel

relevante y la directriz marcada por la alta gerencia es obtener el mayor aprovechamiento de este recurso. Siendo así, se vuelve necesario estudiar estos problemas y emprender acciones que permitan alcanzar el cumplimiento de los cada vez más exigentes requerimientos del mercado en términos de cantidad y calidad, buscando mantener la competitividad del negocio, aun en condiciones adversas, anteponiendo en todo momento la seguridad e integridad física de los colaboradores.

Como punto de partida de la intervención, es de suma importancia conocer las generalidades laborales de la planta, como esquemas de trabajo, tiempo disponible para producción, volumen de producción programado, entre otros, que son base para determinar las condiciones de operación en las estaciones de trabajo a lo largo de todo el proceso productivo y de aseguramiento de calidad. Estas mismas habrán de determinar la cantidad de personal asignada y, a su vez, se traduce a los costos de operación por concepto de mano de obra. Con las condiciones actuales, la planta cuenta con un tiempo disponible total de 20.45 horas, equivalentes a 1 227 minutos para la producción a lo largo de cada día de trabajo, que determinarán el tiempo requerido de fabricación de cada unidad en función a la demanda y, a su vez, están sujetos a la merma causada por falla de equipos, paros no programados, paros por seguridad, atrasos de operación, confirmaciones extraordinarias de calidad, entre otros factores que puedan entorpecer el ritmo de producción.

Además, como estrategia de planta para garantizar el cumplimiento al volumen diario, se considera un margen de 5% del tiempo disponible (ineficiencia), con la finalidad de anticipar los eventos de merma de producción antes descritos, considerándose el tiempo restante como eficiencia operativa programada (95%) y que será base para el cálculo del tiempo tacto. Bajo este entendimiento, tanto la demanda como la eficiencia operativa programada son constantes que pueden variar de acuerdo con las estrategias de la compañía. Principalmente la eficiencia puede tener diferentes valores para líneas o procesos que pudieran tener condiciones especiales de operación, independientemente del valor general de la planta. Tal es el caso de la línea de pruebas vehiculares, de la que forma parte la estación de trabajo de este caso. Por este motivo, se propone la realización de una hoja de cálculo para facilitar el cálculo y oficializar con las áreas funcionales el tiempo tacto, aplicable a cualquier proceso o condición de mercado, considerando la variación de factores como el volumen de producción y la eficiencia.

Para entender las condiciones operativas de la línea de pruebas y la estación de ajustes en particular, es necesario establecer el tiempo tacto de la estación, donde debemos definir los valores de los siguientes parámetros:

a) Tiempo disponible: como se ha explicado con anterioridad, el tiempo disponible para la operación es de 1 227 minutos por día.

b) Eficiencia: a diferencia del resto de la planta (95%), la línea de pruebas tiene consideraciones especiales de operación, puesto que además de procesar la totalidad de la producción, en ocasiones algunas unidades requieren ingresar nuevamente a alguna de las estaciones de la línea, por lo que estas actividades interfieren con la operación normal del proceso y se ha decidido considerarlas como ineficiencia del proceso, donde se considera el 10% de la producción para ingresar nuevamente a una reconfirmación en alguna de las estaciones, que se denominará como un porcentaje de recheck. Bajo estas premisas, el valor de eficiencia utilizado para el establecimiento del tiempo tacto será de 85 por ciento.

c) Volumen de producción requerido: actualmente, las condiciones de mercado han estado cambiando el requerimiento de volumen de producción en la planta debido a diversos factores externos, que no han sido posibles de controlar o minimizar su afectación para estabilizar la producción; sin embargo, en el caso de esta estación de trabajo, dada su relevancia para la planta, se ha establecido por la alta gerencia de la planta que debe operar a la máxima capacidad establecida, para garantizar que se encuentre lista ante un posible evento de incremento de producción a tope. Siguiendo esta directriz de la alta gerencia, la cantidad requerida para procesar en esta línea es de 859 vehículos diarios.

Con las condiciones operativas ya descritas, es necesario establecer el tiempo tacto de la línea, es decir, el tiempo al que debe procesarse cada vehículo para cumplir la exigencia del volumen a producirse. Para ello, utilizaremos la siguiente fórmula: $TT = (TD * E) / VP$; donde:

$TT =$ Tiempo Tacto.

$TD =$ Tiempo Disponible.

$E =$ Índice de Eficiencia Programada.

$VP =$ Volumen Programado.

Sustituyendo valores, tenemos que:

$TT = (1\ 227\ min. * 0.85) / 859 = 1.21\ min.$

El tiempo tacto establecido, será de 1.21 min; es decir, las pruebas vehiculares deben estar suministrando unidades al siguiente proceso cada 1.21 minutos. Debido a las condiciones de infraestructura de la línea de pruebas, ésta se subdivide en dos líneas idénticas, por lo que el tiempo tacto de cada una de ellas en particular se duplicará, debido a que se estaría procesando 50% del total de volumen en cada una de ellas; con ello, nuestro tiempo tacto de referencia será de 2.43 minutos por línea. Actualmente, debido al cuello de botella generado en esta estación, para cumplir con la demanda de producción ha sido necesario de manera recurrente el pago de tiempo extra entre turnos y en días no programados, lo cual repercute directamente en sobrecostos de mano de obra, así como incrementando la fatiga en el personal operativo y una mayor utilización de recursos como energéticos y equipos, con el desgaste que esto representa, puesto que, al habilitar tiempo de producción adicional, el tiempo de mantenimiento preventivo se ve mermado, con los riesgos que esto conlleva.

Si bien el problema ya ha sido estudiado con anterioridad por las diversas áreas de la planta, no se ha logrado la ejecución de las actividades por falta de seguimiento, dado que las condiciones operativas han tenido cambios constantes en los últimos años, lo que ha concentrado los esfuerzos de la organización en adecuar la producción a los volúmenes requeridos. También han surgido proyectos de cambios de ingeniería y adopciones de partes que deben ser atendidas con prioridad ante los cambios de año modelo, entre otras actividades propias de la industria, que han dejado de lado la atención requerida para la mejora de la productividad en la línea de pruebas. Así pues, aunque las condiciones operativas han mitigado un poco el problema de capacidad de la estación del estudio, es un hecho que el recurso se ha mantenido, agravando la situación en tema de costos de mano de obra, por lo que la dirección de planta ha decidido retomar y soportar este proyecto de productividad para identificar las áreas de oportunidad y encaminar la mejora con la mejor alternativa a largo plazo.

Aunque ya se tiene conocimiento empírico de las posibles alternativas de mejora, la dirección solicita estudios más completos y exhaustivos con la finalidad de que se puedan evaluar como un costo/beneficio y los posibles impactos a los indicadores de los diferentes rubros de gestión como Costo, Calidad, Tiempo y Seguridad. Derivado de esta problemática, se pretende analizar a profundidad e identificar oportunidades de mejora de la operación actual, mismas que darán sustento a la decisión que habrá de tomarse como mejor alternativa y que, incluso, pudiera ser una combinación de varias de ellas, ya

que se trata de alternativas no excluyentes. Para ello, la propuesta de intervención consiste en hacer uso de metodologías, técnicas y herramientas propias de la manufactura esbelta para analizar, evaluar e implementar alternativas de solución al problema existente. Por mencionar algunas herramientas, se pretende utilizar:

- Análisis 5w2h: para obtener conocimiento general de condición actual, mediante la obtención de información cualitativa y cuantitativa del problema, así como visualizar posibles recursos necesarios para la obtención de los resultados esperados.
- Aplicación de 5s: para determinar los objetos que pueden entorpecer la operación incluso como seguridad.
- Estandarización de proceso: aquí habremos de observar, medir y/o determinar condiciones generales de la operación del proceso, como eficiencia y tiempo tacto propio de la estación, secuencia de operación, revisión hojas de operación estándar, incremento y control de habilidad del personal, controles visuales, etcétera.
- Controles de calidad: mediciones y monitoreos de tiempos, equipos, parámetros de ajustes y resultados de calidad, etcétera.
- Just In Time: minimizar las pérdidas de tiempo por esperas de vehículos, sincronización de las líneas de producción e inspección.
- Sistemas Poka-Yoke: garantizar la correcta operación antes de pasar al siguiente proceso.
- Observación de la operación: técnicas de observación para verificar el respeto al estándar, identificación oportuna de los desperdicios.
- Kaizen: actividades de mejora inmediata, planeación de actividades a mediano y largo plazos, medición de impacto de la actividad.
- Pruebas funcionales: pruebas de máxima capacidad, simulaciones de las propuestas, producción de lotes controlados, etcétera.

Con el trabajo previamente realizado en el proceso de recolección de datos, se cuenta con información relevante que serán la base para la puesta en marcha de la intervención; asimismo, ha sido posible la realización de un análisis 5w2h, obteniendo la siguiente información:

What? (¿Qué?)

Se requiere reducir el tiempo ciclo de la operación de alineación de llantas, al mismo tiempo que se mantenga o mejore el nivel de aseguramiento

de calidad, se reduzcan los costos de mano de obra y se mejore la condición ergonómica y general de la estación.

Why? (¿Por qué?)

Porque el tiempo ciclo actual supera el tiempo tacto de la estación, generando incumplimiento en la producción normal; asimismo, los costos de mano de obra son altos por la ociosidad durante el proceso; a pesar de esto, las condiciones ergonómicas generan demasiada fatiga a los operadores.

Where? (¿Dónde?)

En las fosas de las estaciones de alineación de llantas, pertenecientes a la línea de pruebas vehiculares de la planta ensambladora.

Who? (¿Quién?)

Se ha conformado un equipo de trabajo multidisciplinario con los especialistas de las áreas funcionales de la planta.

When? (¿Cuándo?)

Aunque aún no es clara la fecha de conclusión, se pretende que este proyecto se ejecute durante el año fiscal 2022 (abril de 2022-marzo de 2023), siempre y cuando la factibilidad y las condiciones de operación lo permitan.

How? (¿Cómo?)

Mediante el uso de metodologías, técnicas y herramientas de manufactura esbelta, para el análisis y toma de decisiones, tales como análisis de 4M, estudios de tiempos, estudios ergonómicos, pruebas funcionales, matriz de decisión, etc. También se planea utilizar estrategias de Benchmarking y mejores prácticas con otras plantas de la compañía, gestión de visitas a otras armadoras del estado, consultorías con proveedores de equipo y herramienta especializado y establecimiento de revisiones periódicas con los gerentes, así como juntas de seguimiento a nivel dirección.

How Much? (¿Cuánto?)

Actualmente, la tasa de salida de la estación es de 3.03 minutos, excediendo 0.60 min el tiempo tacto, incumpliendo el requerimiento de producción de 859 unidades/día. Se cuenta con un total de cuatro personas involucradas en la estación caso de estudio (dos por fosa). La utilización aproximada de la mano de obra en las fosas es de entre 40 y 50%. El promedio de torque manual por bolt es de 17.5 kg, con un total de 70 kg de fuerza por ajuste de cada unidad. Con esta información y los estudios previamente realizados, el equipo de trabajo ha definido tres posibles alternativas de solución, con una noción

empírica de los beneficios esperados de cada una de ellas, como se muestra en la siguiente tabla resumen:

Tabla 1. Alternativas previamente evaluadas

ITEM	PROPUESTA	MAQUINARIA	MÉTODO	MANO-OBRA	MATERIAL	COMENTARIO
1	Balaceo de cargas de trabajo	N/A	Revisión según necesidad de operación y ubicación de la actividad	Reducción esperada de 1 inspector, dejando 1 fijo por hora y (alternando como soporte entre ambos)	Nota presupuestal desde estimable O/E	Aunque se observa un beneficio como menos de obra, se requiere un nivel de actividad más alto para incrementar el soporte entre los 2 fijos, con un alto riesgo de incumplimiento
2	Eliminación de mediciones de equipo	Eliminar dispositivo de configuración de parámetros (cablear Normas de Calidad)	Eliminar dispositivos de operarios	Reducción esperada de 2 inspectores (1 por hora)	Nota presupuestal desde estimable O/E	Por el tipo de producto, se requiere revisar los Normas de Calidad, así mismo, deberá evaluarse con los áreas de diseño y mantenimiento de calidad
3	Instalación de Brazos de Resección (Automatización)	Cambio de herramienta manual por dispositivos automatizados de trabajo	Reducción de tiempo ciclo y errores para operar maquinaria	Reducción esperada de 2 inspectores (1 por hora)	Nota presupuestal desde estimable O/E	De continuar se analiza la mejor propuesta, orientada a obtener beneficio como menos de obra, entre otras, herramienta fija, la operación y su propia mantenimiento significativos en el proceso. Es posible reducir operatividad mediante herramientas en otras actividades

Fuente: elaboración propia, 2022.

Asimismo, basado en la experiencia del equipo de trabajo, de manera preliminar se han ponderado las propuestas en cuanto su dificultad de ejecución, plazo de implementación y nivel requerido de inversión, obteniendo la matriz, que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz de factibilidad

ITEM	PROPUESTA	DIFICULTAD DE IMPLEMENTACIÓN	PLAZO DE EJECUCIÓN	NIVEL DE INVERSIÓN
1	Balaceo de cargas de trabajo	Baja	Mediano	Muy bajo
2	Eliminación de mediciones de equipo	Baja	Corto	Muy bajo
3	Instalación de Brazos de Resección (Automatización)	Media	Mediano	Mediano / Alto

Fuente: elaboración propia, 2022.

Aunque se tiene ya conocimiento de las propuestas y sus posibles beneficios, es necesario robustecer los análisis para tener una mejor estimación de los recursos necesarios para ejecutar cada una de las propuestas, así como entender las limitantes y restricciones. Es por ello que, mediante la intervención, se espera obtener toda la información necesaria para poder realizar una evaluación integral de las propuestas y que pueda tomarse una decisión para su implementación. Asimismo, al tener el amplio detalle de los análisis, será

posible planear la disposición de los recursos y conocer las actividades específicas requeridas para cada propuesta, lo cual derivará en un programa de ejecución en función de la propuesta elegida, con la finalidad de entender la secuencia de ejecución y anticiparse a los posibles bloques que no permitan continuar alguna actividad y requieran subir el nivel de decisiones a los directivos y lo más importante, conocer los tiempos definidos y las personas responsables de su realización.

Una vez definida y validada la mejor alternativa, se propone establecer un sistema de seguimiento mediante diferentes sesiones periódicas interdepartamentales para llevar el detalle y medir el progreso de las actividades, así como para informar a las gerencias de manera oportuna algún posible riesgo en el incumplimiento de algún punto o cuando deba gestionarse algún soporte con otras áreas. También se propone involucrar a la dirección de planta para gestionar recursos y dar fuerza a la actividad. De la misma manera, al término del proyecto será necesario medir los impactos reales de la mejora y, de ser favorables al cumplimiento de los objetivos, se propone la realización de una ceremonia de reconocimiento al personal que participó activamente en la actividad, con la participación de los altos mandos de la compañía con el propósito de agradecer el esfuerzo y mantener la motivación de los trabajadores.

Referencias

- Azian, N., Rahman, A., Sharif, S. y Mashitah, M. (2013). Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(1), 174-180.
- Hernández Matías, J. C. y Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing: conceptos, técnicas e implantación en el medioambiente de la industria y la energía*. Madrid: Fundación EoI.
- Ibarra-Balderas, V. M. y Ballesteros-Medina, L. L. (2017). Manufactura esbelta. *Conciencia Tecnológica*, 53(1), 1-11.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Nueva York: Productivity, Inc.

- Pérez Vergara, I. G. y Rojas López, J. A. (2019). Lean seis sigma y herramientas cuantitativas: Una experiencia real en el mejoramiento productivo de procesos de la industria gráfica en Colombia. *Revista Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 27(1), 259-284.
- Pons, J. (2014). *Introducción a lean construction*. México: Fundación Laboral de la Construcción.
- Womack, J. y Jones, D. (2003). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Nueva York: Free Press.
- Womack, J., Jones, D. y Roos D. (2017). *La máquina que cambió el mundo*. Barcelona: Pearson.