Universidad Iberoamericana Puebla

Repositorio Institucional **http://repositorio.iberopuebla.mx**

Maestría en Ingeniería en Manufactura Avanzada Tesis

Optimización del proceso de fabricación de carrocerías mediante la automatización del ensamble de piso trasero

Mazo Robles, Sergio Luis del

2021

https://hdl.handle.net/20.500.11777/4975

http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto Presidencial del 3 de abril de 1981

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS MEDIANTE LA AUTOMATIZACIÓN DEL ENSAMBLE DE PISO TRASERO

DIRECTOR DEL TRABAJO
DR. RAÚL RUÁN ORTEGA
MTO. HÉCTOR AGUILAR

ELABORACIÓN DE TESIS

que para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN MANUFACTURA AVANZADA

presenta

SERGIO LUIS DEL MAZO ROBLES

Puebla, Pue. 2021

INDICE

I. Introducción 5

1.1 Antecedentes 6

1.2 Planteamiento y delimitación del problema 9

1.3 Objetivo General 11

1.4 Objetivo específico 11

1.5 Justificación 12

II. Marco teórico 13

2.1 Antecedentes de la medición de la productividad 13

2.2 KPI como herramienta de medición de Productividad 14

2.2.1 Objetivos y características de un KPI 14

2.2.2 ¿Cómo se diseña un KPI? 16

2.2.3 Tipos de KPI's 16

2.2.4 Importancia de los KPI en cuadros de mando 18

2.3 Lean Manufacturing en la industria **21**

2.3.1 Reseña Histórica **22**

2.3.2 La metodología Lean **23**

2.3.3 Estructura de Lean Manufacturing **25**

2.3.4 Principios de Lean Manufacturing **27**

2.3.5 Tipos de desperdicios **29**

2.3.6 Lean Manufacturing en servicios **31**

2.3.7 Herramientas de Lean Manufacturing **33**

2.3.8 Control Visual **34**

2.3.9 Kaizen **34**

2.3.10 Trabajo Estandarizado **35**

2.3.11 Poka – Yoke **36**

2.3.12 5S **37**

III. Metodología 39

3.1 Cálculo de tiempo tacto tomando en cuenta mermas 39

3.2 Acomodo de material logístico de acuerdo a frecuencia de uso (Clasificación inventarios A, B, C) 41

3.3 Poka Yoke Visual 43

IV. Resultados 44

4.1 Cálculo de tiempo tacto tomando en cuenta mermas 44

4.2 Acomodo de material logístico de acuerdo a frecuencia de uso (Clasificación inventarios A, B, C) 46

4.3 Poka Yoke Visual 48

V. Conclusiones 49

I. INTRODUCCION

Dentro de la Industria actual uno de los principales objetivos es bajar los costos fijos de la empresa para así generar mayor rentabilidad en los productos. Con el paso del tiempo estos objetivos se han vuelto cada vez más agresivos y un área principal que se busca atacar es la cantidad de técnicos empleados para las actividades de manufactura. El presente proyecto busca hacer uso de los conocimientos en manufactura avanzada para aplicarlos en dirección a reducir el índice de personal técnico directo; esto, haciendo uso de herramientas aprendidas en la maestría para las optimizaciones que buscan para alcanzar los KPI: Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicators por sus siglas en inglés).

Además, este proyecto busca alcanzar una de las metas más perseguidas por la compañía, el ahorro en el costo de fabricación del automóvil. Algunas de las actividades que contribuyen a este objetivo son: la implementación de nuevos métodos de manufactura más económicos, la optimización del personal e instalación de nuevas tecnologías. Estas actividades a su vez apoyan a la línea de regionalización en la que se encuentra el consorcio VW; mediante la regionalización y adaptación de nuestros procesos a modelos que se adapten más a la forma de trabajo del mexicano.

La segunda etapa, una vez concluida la etapa de integración de los nuevos dispositivos de producción en las líneas actuales, se centrará en analizar e identificar potenciales de reducción de personal cuando las líneas de fabricación se encuentren instaladas y en proceso de puesta en marcha.

1.1 ANTECEDENTES

La empresa Volkswagen, de origen alemán, tuvo sus comienzos en 1934 cuando el Dr. Ferdinand Porsche diseñó el primer automóvil de la marca Volkswagen, el VW-Käfer o modelo Sedán [1]. En 1936 se construyeron los primeros vehículos Volkswagen y la empresa comienza su desarrollo. Fue hasta 1954 cuando se inició la fase de producción de automóviles en el país. Desde entonces la tarea de Volkswagen de México S.A. de C.V. ha sido la de producir partes automotrices y ensamblar automóviles, manteniendo el nivel de calidad alemán y un precio conveniente.

Después de sesenta y cinco años de haber iniciado actividades en nuestro país, la empresa Volkswagen de México se ha consolidado como una de las empresas automotrices más importantes del país, abarcando los primeros lugares en ventas para automóviles de pasajeros.

Actualmente la planta se encuentra dividida en 3 segmentos principales en los cuales se fabrican el auto Jetta, Tiguan y Golf (ver imagen 1). En el segmento KSIII se planea fabricar una nueva SUV para el mercado NAR.

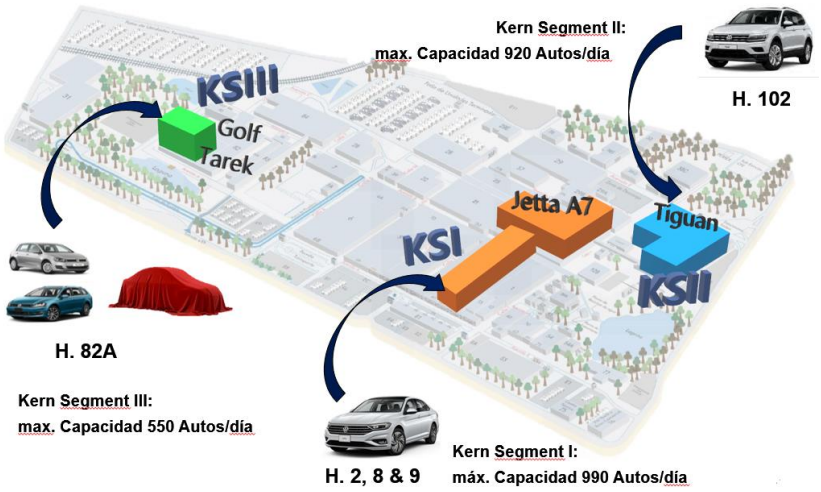


Imagen 1 Layout general de planta VW de México

El proceso de fabricación de carrocerías es un proceso con un grado de automatización del 85%, utilizando como principales tecnologías, robots, pinzas de soldadura y dispositivos para colocar las piezas y soldar. El proceso de fabricación de carrocerías en Volkswagen de México se divide en 6 grandes grupos, que siguen el siguiente flujo de fabricación:

1. Plataforma 1
2. Plataforma 2
3. Costados
4. Caja de carrocería (unión de plataforma con costados)
5. Partes móviles
6. Montaje de partes móviles y acabado final

En la siguiente imagen se pueden apreciar los diferentes grupos de ensamble mayores dentro de la nave, incluyendo el ensamble de piso trasero, que se encuentra dentro del ensamble mayor Plataforma 1 que es objeto de este proyecto:

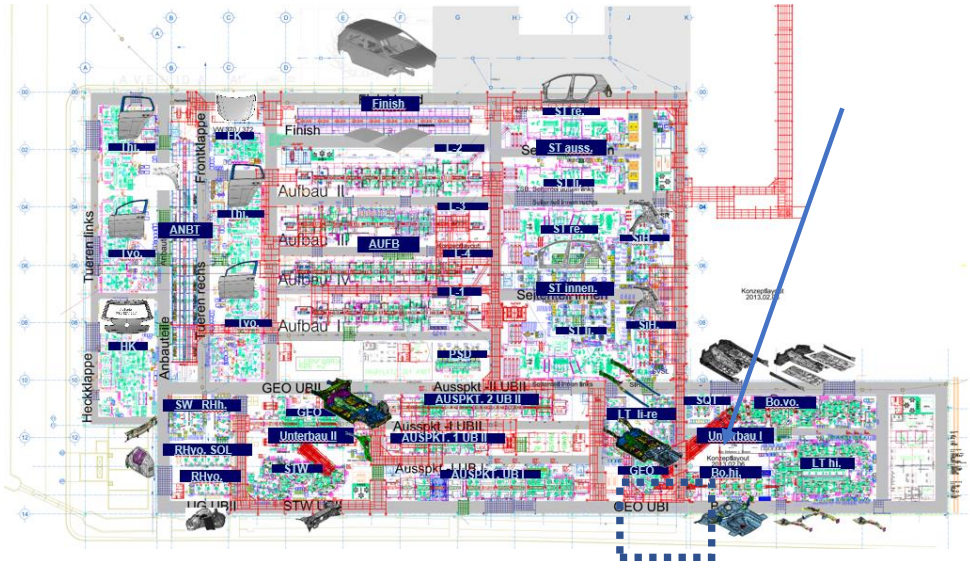


Imagen 2 Layout nave 82a Golf/Tarek

El ensamble de piso trasero completo es la integración de piso trasero junto con el sistema de travesaños traseros unido por medio de puntos de soldadura. Dicho ensamble se realiza de forma manual para el modelo Golf, como se puede apreciar en la siguiente imagen (imagen 3), se requieren 6x operarios por turno para la fabricación del ensamble.

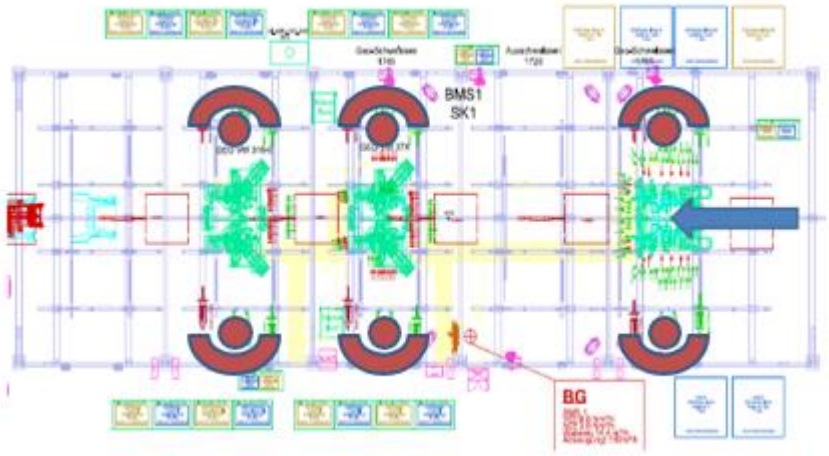


Imagen 3 Línea de fabricación piso trasero

Una de los principales indicadores para calcular los costos de fábrica es el "*Headcount*", que es la cantidad de operarios directos relacionados con la fabricación. Dicho *Headcount* es importante mantenerlo en nivel bajo de acuerdo a los indicadores KPI para poder hacer de cada proyecto nuevo un proyecto rentable. Para el proyecto nuevo, es necesario buscar medidas para reducir el *Headcount* actual ya que, de no ser el caso, dicho proyecto saldría negativo en el indicador de costos de fábrica.

Es por esto que se tomó la decisión de realizar la medida de automatización del piso trasero, para buscar reducir la cantidad de personal en este ensamble y así aportar a la reducción de personal técnico directo que laborará en el proyecto nuevo.

1.2 PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

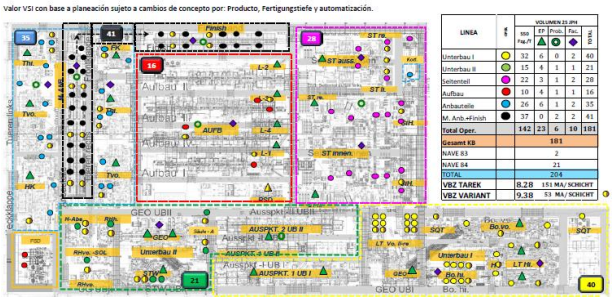
Existen distintos indicadores que se deben atacar dentro de la vida del proyecto como lo son: Cumplir con los Plazos, no sobrepasar el *Budget* de Inversiones, lograr indicadores de cantidad de técnicos directos, lograr alcanzar las notas de calidad de los ensambles, alcanzar el tiempo tacto dentro de cada ensamble para lograr el volumen total del día, alcanzar los indicadores de disponibilidad en la línea de producción, entre otros.

Los indicadores anteriormente mencionados se van trabajando durante la vida del proyecto desde fabricación de pre-series hasta el arranque de producción, los indicadores de volumen, disponibilidad, tiempo tacto son fáciles de atacar ya que dependen directamente de los medios de fabricación y de la madurez de las líneas con el tiempo. El indicador de personal es difícil de atacar ya que se deben tomar medidas de optimización que implican inversiones altas para lograrlo, por este motivo debemos enfocarnos con mayor prioridad en este tema ya que se deben buscar optimizaciones de bajo costo que ayuden a esta reducción.

Actualmente el KPI: Indicadores Clave de Desempeño (Key Performance Indicator por sus siglas en inglés) de cantidad de personal técnico directo del proyecto en puerta se encuentra en rojo. En la planeación inicial de personal se contemplaron 204 técnicos (ver imagen 4), sin embargo, el target impuesto por Alemania para hacer entable los costos de fabricación es de 174 técnicos, ósea, 30 técnicos menos.

Esto significa que tenemos la tarea de bajar desde inicios del proyecto hasta el arranque de producción (SOP) la cantidad de técnicos hasta lograr el KPI en verde. Es por este motivo

que un paso para lograrlo es mediante la automatización del ensamble piso trasero. Esto, con el fin de mejorar dicho indicador de la planta.

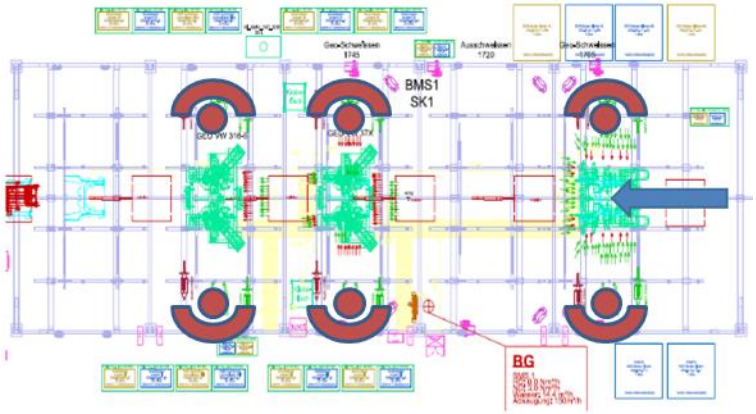


LINEA		VOLUMEN 25 JPH				
		550 Fzg./T	EP	Prob.	Fac.	TOTAL
Unterbau I		32	6	0	2	40
Unterbau II		15	4	1	1	21
Seitenteil		22	3	1	2	28
Aufbau		10	4	1	1	16
Anbauteile		26	6	1	2	35
M. Anb.+Finish		37	0	2	2	41
Total Oper.		142	23	6	10	181
Gesamt KB		181				
NAVE 83		2				
NAVE 84		21				
TOTAL		204				

Imagen 4 Plan de personal para el proyecto Tarek

Dentro de la nave de construcción carrocerías, nos limitaremos específicamente en la automatización del ensamble de piso trasero. El indicador manejado para el área de construcción carrocerías de igual forma limita solo a los técnicos operativos (técnicos que pueden tocar el producto) en la nave donde se integrará el nuevo modelo de automóvil. No se toman en cuenta personal logístico, ni limpieza.

A continuación, se presenta el estado actual de la estación a optimizar:



3 estaciones
6 técnicos por turno (18 por día)
3 dispositivos
6 pinzas de soldadura
0 Robots

Imagen 5 Línea de fabricación piso trasero

En este ensamble se encuentra un área de oportunidad de optimizar técnicos ya que actualmente se requieren 18 al día. Mediante una automatización se podrían llegar hasta 6 al día, por lo que este ahorro de personal impactaría directamente al KPI de personal técnico por la cantidad de 12 técnicos, el objetivo para tornar el KPI en verde es de 30 técnicos por lo que esta automatización ayudaría a alcanzar el objetivo global en casi 50%.

Cabe mencionar que los técnicos a optimizar en este proyecto, serán reubicados a otros proyectos o procesos que tengan la necesidad de aumentar su plantilla de técnicos que el producto como tal pueda pagarlos.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Reducir el índice de personal técnico directo mediante la automatización del ensamble del piso trasero dentro del proceso de fabricación de carrocerías, para mejorar los indicadores KPI de cantidad de técnicos planeados durante la vida del proyecto.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar las posibilidades de armar una línea automática con robots recuperados para no hacer un alto uso de inversiones.
2. Analizar la forma de aplicar elementos de tiempos y movimientos, así como elementos visuales que mejoren la ocupación del técnico al máximo.
3. Optimizar cantidad de técnicos de 6 por turno (18 al día) a 2 por turno (6 al día) mediante herramientas de sistemas de manufactura.

1.5 JUSTIFICACION

Lo que motiva la creación de este proyecto es el costo de fabricación del modelo a integrar; al generar este ahorro de fabricación, automáticamente el modelo a producir tendrá un costo menor, generando una mayor ganancia para la empresa.

Adicional, el *Business Case* generado de inversión vs ahorro de personal es positivo debido a que todos los robots a utilizar en la nueva línea de producción serán recuperados por medio del área de mantenimiento. El ahorro potencial al automatizar la línea manual de producción es de 12 técnicos en total, aportando casi el 50% al target impuesto por WOB (reducción de 30 técnicos), este beneficio al automatizar tiene un impacto muy importante para alcanzar el KPI de técnicos.

Es también importante mencionar que es un alto motivante el indicador de personal ya que este indicador llega al director de la empresa; es por eso que se deben buscar medidas para la reducción de personal técnico directo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la medición de la Productividad

En la actualidad, las empresas tienen la gran necesidad de contar con herramientas que les permitan conocer la dirección en la que va su compañía, un departamento, un equipo o incluso un individuo. En tiempos anteriores se contaba con inmensos reportes, largas juntas de trabajo con la finalidad de comprender y entender los resultados y dirección que llevaba la empresa. Una vez revisados estos inmensos reportes, los directores hacían un esfuerzo por comprender y a detalle su situación, para luego, plantear estrategias o hacer cambios para lograr llegar a sus metas. [2]

El concepto de productividad data desde principios del siglo XX, pero no fue sino hasta la década de los años 50’s cuando la organización para la cooperación y el desarrollo económico la definió como la relación entre producción final y factores productivos utilizados en la obtención de bienes. Hay que tomar en cuenta que la productividad es un indicador de carácter relativo, cuyo resultado puede variar en función del valor de la producción, del valor del factor de empleados de producción o ambos. [1]

Desde los años 60´s fueron surgiendo unos indicadores llamados KPIs (Key Performance Indicator) en español, Indicadores Clave de Desempeño. Pero no fue hasta finales de los 80’s que empezaron a tomar más auge. En sus primeras etapas funcionaban solo como registros de resultados pasados. Actualmente, su uso es primordial para toma de decisiones, planes a corto plazo y estrategias a mediano y largo plazo [3].

En general, los KPI miden el nivel de desmepeño de un proceso determinado, enfocándose en el "cómo" e indicando que tan efectivos son los procesos, de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado.

2.2 KPI como herramienta de medición de Productividad

Los KPIs son métricas financieras o no financieras, utilizadas para cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de una organización, y que generalmente se recogen en su plan estratégico. Estos son volcados en el Balanced Scorecard o Cuadro de Mando Integral que los recoge y muestra, generalmente con una clave de colores (rojo, amarillo o verde) facilitando información del cumpliendo o no del objetivo fijado. [4]

Los KPIs son "vehículos de comunicación"; permiten que la dirección de la organización comunique la misión y visión de la empresa a los empleados, involucrando directamente a todos los colaboradores en la consecución de los objetivos estratégicos de la empresa. [4]

2.2.1 Objetivos y características de un KPI

No se puede olvidar que lo realmente importante para que un KPI funcione es que debe partir directamente de la estrategia de la empresa, estar en consonancia, mantener la coherencia. Esto es la base de los objetivos dentro del KPI, sin este conocimiento de la estrategia de la empresa, no será posible establecer KPIs acordes y por lo tanto la dirección no será la correcta. [4]

Una vez que la empresa ha analizado su misión y definido sus objetivos, puede establecer KPI's para aquellos objetivos en los que sea importante medir su progreso y evolución. Los

KP’Is tienen como objetivos principales: medir el nivel de servicio, realizar un diagnostico de la situación, comunicar e informar sobre la situación y los objetivos, motivar los equipos responsables del cumplimiento de los objetivos reflejados en el KPI, mejora continua.

Las principales características de un KPI son: Se deben asociar con el evento al que se desea medir, debe ser explicativo. Ser específicos, estando vinculados con los fenómenos económicos, sociales, culturales o de otra naturaleza sobre los que se pretende actuar, de modo que se debe contar con objetivos y metas claras para poder evaluar qué tan cerca o lejos se está de los mismos y proceder a la toma de decisiones pertinentes. Es preferible que los indicadores sean pocos.

Deben ser explícitos, de tal forma que su nombre sea suficiente para entender si se trata de un valor absoluto o relativo, de una tasa, una razón, un índice, etc., así como a qué grupo de población, sector económico o producto se refiere, etc.

Estar disponibles para varios años con el fin de que se pueda observar el comportamiento del fenómeno a través del tiempo, así como para diferentes regiones y/o unidades administrativas. Deben ser relevantes y oportunos para la aplicación de políticas, describiendo la situación prevaleciente en los diferentes sectores de gobierno, permitiendo establecer metas y convertirlas en acciones. Deben ser claros, de fácil comprensión para los miembros de la comunidad, de forma que no haya duda o confusión acerca de su significado, y debe ser aceptado, por lo general, como expresión del fenómeno a ser medido.

Para cada indicador debe existir una definición, fórmula de cálculo necesario para su mejor entendimiento y socialización. Por lo anterior, es importante que el indicador sea

confiable, exacto en cuanto a su metodología de cálculo y consistente, permitiendo expresar el mismo mensaje o producir la misma conclusión si la medición es llevada a cabo con diferentes herramientas, por distintas personas, en similares circunstancias. Que la recolección de la información permita construir el mismo indicador de la misma manera y bajo condiciones similares, año tras año, de modo que las comparaciones sean válidas. Técnicamente debe ser sólido, es decir, válido, confiable y comparable, así como factible, en términos de que su medición tenga un costo razonable. Ser sensible a cambios en el fenómeno, tanto para mejorar como para empeorar. [5]

2.2.2 ¿Cómo se diseña un KPI?

Los Key Performance Indicators definen los factores que la organización necesita para comparar y monitorear. Se recomienda que sean SMART: **Específicos** (Specific), **Medibles** (Measurable), **Alcanzables** (Attainable), **Relevantes** (Relevant) y **delimitados en el Tiempo** (Timely). [6]

2.2.3 Tipos de KPI's

-Indicadores de cumplimiento: Teniendo en cuenta que cumplir tiene que ver con la conclusión de una tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con los ratios que indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos.

-Indicadores de evaluación: Teniendo en cuenta que evaluación tiene que ver con el rendimiento que se obtiene de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con los ratios y/o los métodos que ayudan a identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

-Indicadores de eficiencia: Teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidadp ara llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo gasto de tiempo. Los indicadores de eficiencia están relacionados con los ratios que nos indican el tiempo invertido en la consecución de tareas y/o trabajos.

-Indicadores de eficacia: Teniendo en cuenta que eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con los ratios que indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos.

-Indicadores de gestión: Teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados. Los indicadores de gestión están relacionados con los ratios que permiten administrar realmente un proceso. Son señales para monitorear la gestión, asegurando que las actividades vayan en sentido correcto. Permiten evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades. Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso cuya magnitud nos permitirá tomar acciones correctivas o preventivas según sea el caso.

2.2.4 Importancia de los KPI's en los tableros de control

Los KPIs difieren dependiendo de la naturaleza de la empresa y de su estrategia. Ayudan a la organización a medir el progreso hacia el logro de las metas organizaciones, especialmente hacia la dificultad de cuantificar el conocimiento basado en actividades. (knowledge-based activities).

Un KPI es una parte clave de un objetivo medible, por ejemplo: "Incrementar el promedio de utilidad por cliente de $10 a $15 para finales del año". En este caso, promedio de utilidad por cliente es el KPI. El objetivo de cualquier sistema de medición debe ser motivar a todos los directivos y trabajadores para que pongan en práctica con éxito la estrategia de la unidad de negocio. Aquellas empresas que pueden traspasar su estrategia a sus sistemas de mediciones son mucho más capaces de ejecutar su estrategia porque pueden comunicar sus objetivos y metas.

Esta comunicación hace que los directivos y trabajadores se centren en los inductores críticos, permitiéndoles alinear las inversiones, las iniciativas y las acciones con la consecución de los objetivos estratégicos. Un tablero de control exitoso es aquel, que comunica una estrategia a través de un conjunto integrado de indicadores financieros y no financieros.

El cuadro de Mando Integral está vinculado estratégicamente a la organización a través de tres indicadores.

1. Las relaciones causa-efecto
2. Los resultados y los inductores de actuación (decisiones operativas)
3. La vinculación con las finanzas

Los sistemas de control eficaces suelen tener ciertas características en común, la importancia de estas características varía según la situación, pero podemos generalizar que las siguientes son las más importantes para implementar KPI eficientes y funcionales:

1. Precisión: Si la información es precisa genera confianza y proporciona datos válidos, en contraposición, si es impreciso dará lugar a no actuar cuando se requiere o a reaccionar contra problemas que no existen.

2. Oportunidad: La información debe generar una respuesta oportuna a superar los niveles de variabilidad establecidos a fin de prevenir efectos nocivos a la empresa. Hasta la mejor información carece de valor cuando es obsoleta.

3. Economía: La operación y la implementación de un sistema de tablero de control debe ser económica respecto al beneficio obtenido.

4. Flexibilidad: Los controles eficaces deben ser lo suficientemente flexibles para ajustarse a cambios adversos o para aprovechar nuevas oportunidades. Tener la posibilidad de ser perfectibles y que se ajusten con el tiempo y las condiciones.

5. Inteligibilidad: Los KPI que no son comprensibles para los usuarios carecen de valor. Por lo que se recomienda establecer los sistemas simples por sobre los sofisticados.

6. Criterios Razonables: Los estándares de control (límites entre los que se espera los valores de los KPI) deberán ser razonables y susceptibles de alcanzarse. Si son demasiado altos, ocasionan desilusión por parte de los operarios y apatía en conseguir la meta; por el contrario si son demasiado bajos pierden valor e importancia.

7. Localización Estratégica: No se puede controlar TODO lo que sucede en la empresa, y de hacerlo el beneficio no equipara el costo de hacerlo, por ello se establecen indicadores que diagnostiquen el comportamiento y el resultado de las estrategias que se han establecido en el plan de negocio y si hay variaciones en los estándares, se hace una investigación más en detalle de la razón o motivo de esa variación.

8. Énfasis en las excepciones: La intención de los KPI's es "llamar la atención" en cuanto se presentan las excepciones, es decir cuando se sale el valor de los parámetros previamente establecidos. De esta manera se podrá actuar sobre lo importante y no distraer el recurso en urgencias o actividades que no son determinantes del éxito de la estrategia.

9. Criterios Múltiples: Es buscar que el enfoque no sea estrecho, es decir que contemple una gama de campos de acción que permitan controlar toda la organización en los cuatro puntos principales.

10. Acción correctiva: El KPI no solamente debe de indicar la existencia de una desviación respecto al estándar sino que sugerir en dónde hacer las correcciones y cómo hacerlas. Para asegurar este resultado es importante establecer un sistema de acción con sugerencias de "que pasaría si..." a manera que el campo de acción sea controlado pero permita su pronta acción. [7]

Los KPIs son "vehículos de comunicación"; permiten que la dirección de la organización comunique la **misión y visión** de la empresa a los empleados, involucrando directamente a todos los colaboradores en la consecución de los objetivos estratégicos de la empresa.

2.3 Lean Manufacturing en la Industria

El modelo de gestión adoptado por una empresa, para gestionar sus procesos, es de gran importancia estratégica, para la misma.

Los modelos tradicionales de gestión, no cumplen adecuadamente, las exigencias de competitividad y, por esto, se consideran hoy muy lejos de la excelencia. La metodología Lean Manufacturing, ha evolucionado, dentro del marco PDCA de mejora continua, desde el modelo TPS de Toyota, para dar respuesta a la producción y servicios, y a otros tipos de organizaciones cuyo producto es intangible (servicio puro) o mixto (hoteles, ocio, sanidad, TIC), pero en las que los procesos y el enfoque al cliente es inherente en todas ellas. El Lean, si cumple todas y cada una de las exigencias, y por esto, se considera un modelo de gestión. [8]

Lean Manufacturing, se basa en tres pilares: Gestión centrada en el mercado con prioridad en el servicio, la organización: el conjunto de las personas y los recursos, herramientas para asegurar la eficiencia del trabajo de la organización.

Ante el pedido de un cliente, se debe asegurar, de que se le puede atenderle con rapidez, en la cantidad demandada y con la calidad esperada. En la industria manufacturera se puede optar por producir contra stock, a pesar de que ello subirá los costos de producción y financieros; pero en la industria de servicios esto no es posible. [8]

Lean Manufacturing, desarrolla un método de trabajo que reduce los plazos de servicio al mínimo utilizando sólo los recursos imprescindibles y asegurando la calidad esperada en todo momento. La prioridad del Lean es la atención al cliente y la velocidad de respuesta, esto satisfacerá al cliente y permitirá trabajar con mínimos insumos y stocks. Para trabajar con este sistema pulsante hay una máxima: no se puede admitir ningún error. Mejorando el

sistema de prestación del servicio, se optimiza también el modelo logístico, por lo tanto, se está ayudando a mejorar la organización en su conjunto.

No admitir errores, es la máxima de la metodología Lean Manufacturing, y supone adoptar una sistemática de detección y eliminación de los despilfarros que existan en el proceso o en la organización. [8]

2.3.1 Reseña Histórica

Desde finales de 1890, Fréderick W. Taylor innova estudiando y difundiendo el management científico del trabajo, cuyas consecuencias son la formalización del estudio de los tiempos y del establecimiento de estándares. Frank Gilbreth añade el desglose del trabajo en tiempos elementales. Entonces aparecen los primeros conceptos de eliminación del despilfarro y los estudios del movimiento. En 1910 Henry Ford inventa la "producción en serie". Es el primer intento de diseño de un sistema de producción concentrado procesos, pero con altos niveles de inventario. Alfred P. Sloan mejora el sistema Ford introduciendo en General Motors el concepto de "diversidad en las líneas de montaje", haciendo el producto accesible a un gran mercado. Después de la II Guerra Mundial comienzan a cambiar las exigencias del mercado. Aumenta la competencia y los precios descienden, aumentan las exigencias de rapidez en la entrega y calidad del producto por parte del cliente. En los años 50's Taichii Ohno desarrolla el "Sistema de producción Toyota". El pequeño fabricante Toyota Motor Company desarrolla un sistema de producción de alta eficiencia, a bajos volúmenes, y con muchas variantes de un mismo producto. [9]

Es así, que el concepto de "Lean Manufacturing" fue introducido originalmente en Japón por Toyota Motor Company, uno de los mayores productores de automóviles del mundo, bajo el nombre de "Sistema de Producción Toyota" (TPS - Toyota Production System de Taiichi Ohno inspirado en los principios de W. E. Deming), y se remonta a los años 40's, cuándo las compañías de automoción Japonesas se plantean cambios en los sistemas de producción derivados de la necesidad de atender mercados más pequeños y con una mayor variedad de vehículos, lo que requería una mayor flexibilidad en la producción. [9]

2.3.2 La metodología Lean

El planteamiento de la metodología para la implementación de un sistema Lean Manufacturing, es que opere en base a los pedidos de sus clientes (enfoque pull), al mínimo costo (por eliminación de todo tipo de desperdicio y, por tanto, sin que para ello sea necesario acudir a las economías de escala de producto acabado o de componentes); además y como se ha expuesto, serán también objetivos de la implantación, la minimización de cualquier consumo, la rapidez de respuesta y la flexibilidad (indispensable si se desea ajustar en todo momento la producción a la demanda), así como la calidad requerida alcanzada a la primera, sin retrabajos. [10]

Además, se pretende que sea implantado al nivel de lo justificable y razonable. Por otra parte, las características de la implantación, supondrán:

Actividades que no aporten valor añadido. Eliminar de los procesos las actividades que no aporten valor añadido (NVA), que se denominan en la actualidad desperdicios o despilfarros. En concreto, el sistema productivo se basará en el diseño e implantación de los

procesos y la distribución de actividades entre el personal, que minimice los siguientes desperdicios:

- Producción de componentes o productos en volúmenes superiores a lo estrictamente necesario.
- Diseño, organización o métodos de trabajo en las operaciones de los procesos industriales, inadecuados.
- Acumulación de todo tipo de stocks derivados de la implantación y organización de los procesos industriales (los derivados del aprovisionamiento de materiales y de la distribución del producto acabado, dependerán de la gestión logística y no serán objeto de este estudio).

En concreto, ha de minimizarse el stock debido a:

a) Operativa en lotes de transferencia excesivamente grandes (por ejemplo, material acumulado en cualquier proceso).

b) Material preparado para entrar en operaciones cuellos de botella (que deben resolverse, en lo posible).

c) Distribución desequilibrada de tareas entre el personal productivo.

d) Falta de sincronización entre las operaciones

Formación acerca del Lean Management Paralelamente a la recogida de datos y previsión de los ritmos de producción posibles, debe intercalarse una etapa de formación, en la medida de lo necesario, dirigida a las personas que han de participar en los grupos de trabajo que, por medio de workshops, decidirán las acciones a llevar a cabo en las distintas etapas de la implantación lean y sus herramientas. [10]

2.3.3 Estructura de Lean Manufacturing

Debido a que Lean es un sistema con muchas dimensiones que inciden en la eliminación de los desperdicios, de forma tradicional se diseñó para visualizar rápidamente la filosofía Lean y las técnicas disponibles para su aplicación un esquema denominado “Casa del sistema de Producción Toyota”, así como se muestra en la imagen 6. En donde el techo de la casa está constituido por las metas perseguidas identificadas por la empresa, las dos columnas que sustentan el sistema corresponden a: JIT y Jidoka. En donde el JIT significa producir el artículo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta, mientras que Jidoka consiste en dar a las máquinas y operadores la habilidad para determinar cuándo se produce una condición normal e inmediatamente detener el proceso. La base de la casa consiste en la estandarización y estabilidad de los procesos, a estos cimientos tradicionales se le han añadido el factor humano y, por último, el correcto uso de las herramientas que se ven en la figura en los cimientos permite la construcción de la casa y su estabilidad dentro de la empresa. [11]

Cabe destacar que el esquema es una forma de trasladar al papel todas las facetas del sistema. Cada empresa, en función de sus características, experiencia, mercado, personal y objetivos debe confeccionar un plan de implantación con objetivos acotados, seleccionando e implantando paso a paso las técnicas más adecuadas. Por lo que, la casa solo es un esquema que permite una primera aproximación a los directivos de la empresa de la manera en que funciona Lean, pero depende de cada empresa la mejor manera de implantarlo de acuerdo con sus recursos disponibles. [11]

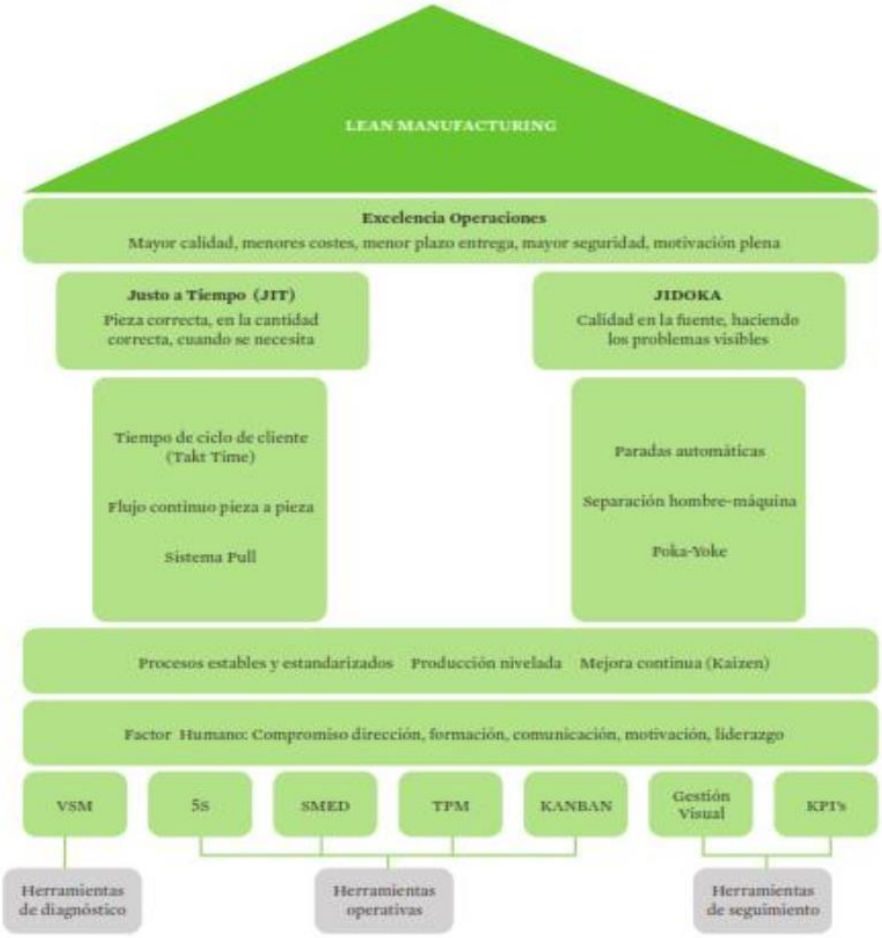


Imagen 6 Casa Lean Manufacturing [11]

Es importante saber cómo es la estructura de Lean, ya que es importante tener un primer acercamiento de los diferentes niveles de implementación de esta herramienta en la empresa, con el fin de que los directivos puedan determinar la manera más idónea de comenzar la introducción de Lean a la empresa y que ésta sea la adecuada para la actividad realizada. Cada empresa en función de sus características debe elaborar un plan de acción. [11]

2.3.4 Principios de Lean Manufacturing

Para implementar Lean no solo es necesario poner en práctica unas cuantas técnicas, sino que comprende un cambio en el pensamiento de toda la empresa. En los orígenes de Lean para explicar este sistema se establecieron ciertos principios. Los principios más frecuentes asociados al sistema, de acuerdo con el punto de vista del factor humano y de la manera de trabajar, además de acuerdo con las medidas operacionales y técnicas a usar, se señalan a continuación en la imagen 7.

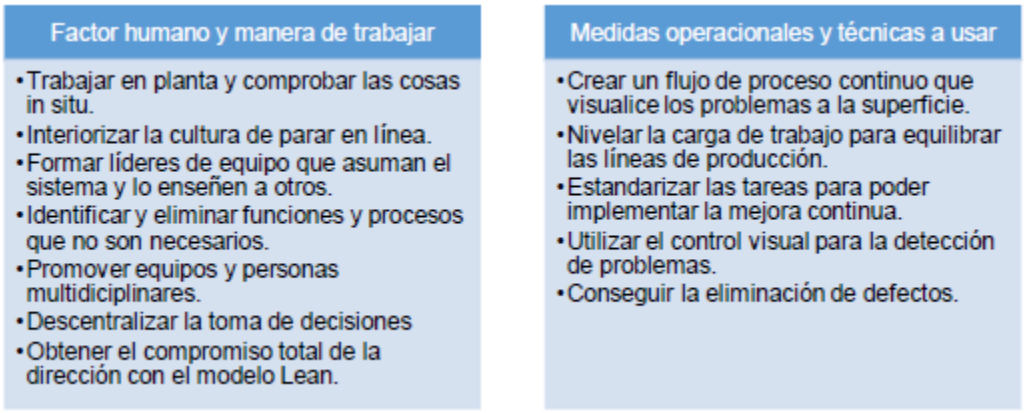


Imagen 7 Principios Lean factor humano y manera de trabajo [11]

Mientras que, por otra parte, otros autores propusieron los siguientes principios en los que se deben guiar para lograr la implementación exitosa de Lean:

1. Especificar el valor para cada producto desde el punto de vista del cliente final: añade a este principio propuesto por Womack que "el valor es lo que satisface las necesidades de los clientes, es por lo que están dispuestos a pagar, por lo que es fundamental entender los requisitos del cliente. Una organización no solo sirve a los clientes externos, sino también a todo su personal y administradores.

2. Identificar el flujo del valor y eliminar el desperdicio: consiste en estudiar todas las operaciones del proceso productivo. Lo que antes era considerado desperdicio, ahora puede ser visto como valor.

3. Agregar valor en flujo continuo a través de las diferentes etapas del proceso: define este principio como "hacer que el producto fluya sin interrupciones, es decir, que el material debe fluir a lo largo del proceso de producción de forma continua de pequeñas cantidades de producción hasta lograr fabricar y mover una pieza a la vez sin interrupciones".

4. Organizar el proceso para que se produzca sólo cuando el cliente lo solicita: también llamado sistema "pull", define este principio como "hacer que el sistema de producción trabaje bajo los pedidos de los clientes o conforme va requiriendo la siguiente etapa del proceso".

5. Buscar la perfección: es una actitud de continua revisión de los procesos buscando como continuar eliminando desperdicios.

6. Incentivar el mejoramiento continuo: innovar constantemente en todos los niveles y escuchando a todas las partes.

7. Práctica del principio Just in time: nada debe ser producido, transportado o comprado antes del momento adecuado. [11]

De lo mencionado por cada autor se puede determinar que, en sus orígenes, se definieron cinco principios básicos, los que son señalados por, los cuales son: Valor del producto para el cliente, identificar el flujo de valor, Agregar valor al flujo, sistema pull y buscar la perfección. A estos principios añade ciertas definiciones adicionales, pero sigue manteniendo

la misma cantidad de principios y bases, mientras que añade dos principios adicionales, los cuales son el incentivo al mejoramiento continuo y la práctica del Just in Time, los cuales incentivan a innovar constantemente, mientras que el JIT incentiva a la implementación del sistema pull.

Los principios Lean se separan en dos categorías, las asociadas al factor humano y los relacionadas a las operaciones, en donde se centra en la manera en que deberían actuar las personas para implementar Lean y a lo que se debería realizar en los procesos para obtener los resultados buscados. Una parte importante dentro de Lean es la identificación de los desperdicios, esto con el fin de eliminar las actividades que no generan valor y eliminar los defectos. Es importante destacar que estos principios sirven de base para el inicio de la implementación de Lean Manufacturing en la empresa, por lo que es necesario tenerlos en cuenta a la hora de comenzar un plan de adaptación de la planta a este nuevo método de trabajo. [11]

2.3.5 Tipos de desperdicios

Los desperdicios es la traducción de la palabra Muda del japonés, la cual es la original utilizada en los procesos de Toyota. Su definición dependiendo de los autores, como señala que “se considera muda o desperdicio cualquier cosa o actividad que genera costos pero que no agrega valor al producto”. Mientras que afirma que “muda significa desperdicio, específicamente cualquier actividad humana que ocupe recursos, pero no cree valor”. En el siguiente cuadro (Imagen 8) se presentan los tipos de desperdicio, síntomas, posibles causas e ideas y herramientas para eliminarlas. [12]

Tipo de desperdicio	Síntomas	Posibles causas	Ideas y herramientas
Sobreproducción Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente	Se producen muchas partes y/o se producen con mucha anticipación Las partes se acumulan incontroladamente en inventarios Tiempo del ciclo extenso Tiempos de entrega pobres	Mucho tiempo para adaptar el proceso para que produzca otro modelo o parte Tamaño grande de lotes Pobre programación de la producción o de las actividades Desbalance en el flujo de materiales	Justo a tiempo SMED Reducir tiempos de preparación, sincronizar procesos, haciendo sólo lo necesario
Esperas Tiempo desperdiciado (de máquinas o personas), debido a que durante ese tiempo no hubo actividades que le agregaran valor al producto	Trabajadores en espera de materiales, información o de máquinas no disponibles Operadores parados y viendo las máquinas producir Grandes retrasos en la producción Tiempos de ciclo extensos	Tamaño de lote grande Mala calidad o malos tiempos de entrega de los proveedores Deficiente programa de mantenimiento Pobre programación	Eliminar actividades innecesarias, sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, trabajador flexible y multihabilidades, organizar el proceso en forma Kanban
Transportación Movimiento innecesario de materiales y gente	Mucho manejo y movimiento de partes Daños excesivos por manejo Largas distancias recorridas por las partes en proceso Tiempos de ciclo extensos	Procesos secuenciales que están separados físicamente Pobre distribución de planta Inventarios altos La misma pieza en diferentes lugares	Procesamiento en flujo continuo, sistemas Kanban y distribución de planta para hacer innecesario el manejo/transporte
Sobreprocesamiento Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor	Ejecución de procesos no requeridos por el cliente Autorizaciones y aprobaciones redundantes Costos directos muy altos	Diseño del proceso y el producto Especificaciones vagas de los clientes Pruebas excesivas Procedimientos o políticas inadecuados	Simplificar proceso y eliminar actividades y operaciones que no agregan valor
Inventarios Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente	Inventarios obsoletos Problemas de flujo de efectivo Tiempos de ciclo extensos Incumplimiento en plazos de entrega Muchos retrabajos cuando hay problemas de calidad	Sobreproducción Pobres pronósticos o mala programación Niveles altos para los inventarios mínimos Políticas de compras Proveedores no confiables Tamaño grande de lotes	Acortar tiempos de preparación y respuesta; organizar el proceso en forma Kanban; aplicar Justo a Tiempo
Movimientos Movimiento innecesario de gente y materiales dentro de un proceso	Búsqueda de herramientas o partes Excesivos desplazamientos de los operadores Doble manejo de partes Baja productividad	Pobre distribución de las celdas de trabajo, herramientas y materiales Falta de controles visuales Pobre diseño del proceso	Organización de celdas de trabajo, procesamiento en flujo continuo; administración visual
Retrabajo Repetición o corrección de un proceso	Procesos dedicados al retrabajo Altas tasas de defectos Departamentos de calidad o inspección muy grandes	Mala calidad de materiales Máquinas en malas condiciones Procesos no capaces e inestables Poca capacitación Especificaciones vagas del cliente	Control estadístico de procesos; mejora de procesos; desarrollo de proveedores

Imagen 8 Tipos de desperdicios [12]

Adicional existe un octavo desperdicio, el cual es:

Desaprovechamiento del potencial de las personas, fallas de la información y burocracia: otro autor añade a este octavo despilfarro que “es la creatividad de los empleados no utilizada”, en donde se considera que es el conocimiento de los empleados no utilizado.

Se puede decir de lo anterior, que los desperdicios son cualquier actividad que no genera valor, solo un gasto para la empresa, los cuales poseen definiciones similares sobre este concepto, además que ambos señalan la existencia de 7 diferentes tipos de desperdicios. [12]

Mientras que algunos autores añaden un octavo desperdicio, el desaprovechamiento del potencial de las personas, en donde se considera los conocimientos no utilizados por la empresa. La identificación de los desperdicios es una etapa vital en el proceso de implementación y el objetivo primordial a la hora de la implementación de Lean Manufacturing, así como se señaló anteriormente, que se debe buscar eliminar todas las fuentes de desperdicios de la empresa, con el fin de utilizar correctamente los recursos empleados en cada área, además de fomentar un mejor clima laboral. [12]

2.3.6 Lean Manufacturing en servicios

A diferencia de Lean aplicado en la manufactura, Lean en empresas de servicio no tiene un específico modelo de herramientas o estándares, sino que es una combinación de prácticas que deben ser aplicadas de acuerdo con la situación y lugar de la empresa que se intente mejorar. La definición de Lean Service es "un sistema estandarizado de operaciones de servicio, compuesto sólo por actividades que generan valor para los clientes, centrándose en satisfacer las expectativas de los clientes en cuanto a calidad y precio". Este autor además añade "las operaciones de Lean Service deben ofrecer lo que el cliente quiere, donde él lo quiera". [12]

La principal diferencia entre el área de manufactura y el de servicio, es el factor humano de la operación, en donde en el área de servicio se tiene un alto involucramiento de las personas. La diferencia de los principios del Lean Manufacturing, los principios de Lean Service deberían estar enfocados en:

- Un bajo costo para el consumidor

- Fácil proceso de estandarización

- Co-producción y tecnología de la información aceptada por el cliente

Además, señalan que “mientras que en las operaciones de manufactura los costos y el enfoque se encuentran en la materia prima y el equipamiento, en el área de servicios el poder humano es uno de los más relevantes factores en el costo de hacer el trabajo”. Otro autor que aborda el Lean en servicios es, el cual aborda los servicios internos, él explica que “el sistema de servicio interno posee muchas características estructurales, que incluyen el flujo de información, el flujo del proceso a través de funciones, caracterización de actividades de despilfarro”. Él provee información sobre la gestión de los sistemas de servicios internos desde la perspectiva de administración. [12]

De acuerdo con en su artículo señalan los tipos de desperdicios que se pueden encontrar en los servicios, estos son señalados en la tabla Imagen 9:

N°	Tipo de desperdicio	Significancia
1	Diseño del servicio	No responde a las necesidades de los clientes resultando en un exceso de fallas.
2	Desperdicio en servicio	Fallas en los procesos del servicio
3	Habilidad del servicio	No se hace un completo uso de la capacidad del servicio
4	Proceso del servicio	Baja eficiencia en el trabajo
5	Retraso en el servicio	Los clientes deben esperar por el servicio

Imagen 9 Desperdicios encontrados en servicios [12]

Se pueden identificar siete tipos de desperdicios en los servicios:

-Sobreproducción: los servicios producidos exceden la necesidad actual.

-Espera: retraso en completar los servicios

-Movimiento: innecesarios movimientos de la gente en áreas de servicio debido a pobre Layout.

-Sobre procesamiento: agregar innecesarios procedimientos en los procesos de servicios.

-Inventarios: exceso de trabajo en proceso debido a solicitudes pendientes.

-Transporte: innecesario movimiento de material e información.

-Defecto/error: defecto en cualquier proceso del servicio debido a un error en la entrada de datos.

Otra definición de Lean aplicado a servicios ofrecida por otros autores señala que "esta filosofía se orienta al diseño y mejoramiento de los procesos, enfocados a la satisfacción de las expectativas del cliente interno y externo, mediante el servicio ofrecido". Lean aplicado en servicios, a diferencia de su uso en manufactura, se centra especialmente en los clientes, en donde su enfoque es la satisfacción de los clientes tanto externos como internos.

Cabe señalar que el área de calidad está enfocada en prestar servicios internamente a las demás áreas por lo que se rige por las especificaciones técnicas señaladas en esta sección, su enfoque es la satisfacción de los clientes, es decir, presentar productos sin desperfectos y prevenir que estos ocurran. Por lo que se debe adecuar las actuales herramientas de Lean, así como los desperdicios, para que puedan ser aplicadas al área de servicios internos. [12]

2.3.7 Herramientas de Lean Manufacturing

Las diferentes herramientas por presentar pueden implantarse en las empresas de manera independiente o conjunta dependiendo de los recursos disponibles y la situación en la que se encuentra la empresa, por lo que para determinar la herramienta más idónea a utilizar se necesita tener un conocimiento del modo de trabajo de la organización. [1]

2.3.8 Control visual

El control visual, se utiliza para una rápida detección de errores y defectos en un área de un alto valor agregado. Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de producción con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. Además, el control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora.

La gestión visual permite a todos saber el estado de las cosas, sin la necesidad de preguntar a nadie o consultar una única computadora. Usualmente, se intenta resumir la información necesaria sólo en la página A3. Esta herramienta resulta ser de gran utilidad para la identificación de errores y fallos de una manera rápida y sencilla, permite que todos los trabajadores puedan identificar estos fallos e informen de dichos a los supervisores. [1]

2.3.9 Kaizen

El Kaizen se le conoce con uno de los impulsores del éxito del sistema Lean en Japón, ya que más que una herramienta, corresponde a una forma de pensamiento que es integrado por el personal de las empresas, y los impulsa a mejorar. Varios autores señalan que “Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito”.

Otra característica de Kaizen es que les ofrece a los operarios la oportunidad de hacer sugerencias y promover mejoras, a través de pequeños grupos, denominados círculos de control de calidad.

La teoría del Kaizen “establece que para buscar escenas se emplean pequeños grupos de personas autónomos y voluntarios, ellos exploran todos los escenarios de la planta y una vez las encuentren aplican sobre ellas las técnicas de mejoramiento continuo”. [1]

2.3.10 Trabajo Estandarizado

Crear estándares dentro de las organizaciones es uno de los pasos más importantes dentro del sistema Lean y uno de los cimientos dentro de éste. Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre las máquinas, materiales métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente. El estándar utilizado en el sistema Lean es diferente al uso habitual de la palabra estándar, en donde se suele pensar que son documentos que se mantienen guardados o sin un uso frecuente. [1]

El uso de esta herramienta permite: establecer una rutina de tareas repetitivas, facilita la gestión de la asignación de recursos y la programación, establece una relación entre una persona y su entorno, proporciona una base para la mejora, definiendo el proceso normal y destacando las áreas a mejorar, prohíbe el retroceso o la recaída en malos hábitos anteriores. [1]

2.3.11 Poka-Yoke

Esta herramienta es también llamada Sistema a prueba de error, busca crear mecanismos sencillos para que las operaciones solo se hagan en forma correcta. Este sistema posee diversas funciones como “seguridad personal, protección de equipos, prevenir algún defecto o avisar algo incorrecto y de autoinfección o inspección del operador anterior”. Otros autores lo definen como advertencias que señalan la existencia de un problema o controles que detienen la producción hasta que se resuelva el problema. La diferencia entre las dos es que los poka-yoke de advertencia indican solamente que se ha cometido un error, mientras que los poka-yokes de control obligarán al operador a corregir el error antes de proceder. [1]

En su origen esta herramienta fue integrada para los procesos de manufactura, pero con el tiempo también se ha ido probando en las empresas de servicio. Los errores en los servicios pueden dividirse en errores de servidor y errores de cliente. Los errores de servidor pueden ser clasificados como errores en la tarea, el tratamiento o los aspectos tangibles del servicio, mientras que los errores del cliente pueden ser clasificados como errores en la preparación para el encuentro o la resolución del encuentro. Por lo que para evitar estos errores pueden plantear una serie de poka-yokes que pueden ser utilizados para evitarlos. Los sistemas Poka-Yoke significan “desarrollo de mecanismos y/o dispositivos para la obtención de cero defectos en los productos que fabrican las empresas”. De esta forma se entiende los Poka-Yoke como dispositivos anti error, los cuales pueden prevenir la ocurrencia de defectos. [1]

2.3.12 5S

La herramienta 5s corresponde a la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo. Además, es una metodología que permite organizar los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros, además el enfoque primordial de esta metodología es que para que haya calidad se requiere ante todo orden, limpieza y disciplina. El acrónimo 5S corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen la herramienta, las cuales son:

-Seiri (Eliminar lo innecesario): significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realice. El objetivo final es que los espacios están libres de piezas, documentos o muebles, que no se requieren para efectuar el trabajo y que sólo obstruyen su flujo.

-Seiton (ordenar): Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad. Definir su lugar de ubicación, identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial.

-Seiso (limpiar e inspeccionar): significa limpiar e inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir, anticiparse para prevenir defectos. Entre otros beneficios se incluye identificar con mayor facilidad algunas fallas, como por ejemplo las fugas de aceite o el olor a humo.

-Seiketzu (estandarizar): permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables.

En esta etapa es posible diseñar procedimientos y desarrollar programas de sensibilización e involucramiento de las personas para que las primeras “S” sean parte de los hábitos, acciones y actitudes diarias.

-Shitzuke (Crear un hábito, disciplina): su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada.

Su éxito depende en gran medida de la aceptación de los empleados a la modificación de sus hábitos y actitudes, además del involucramiento y compromiso de la alta dirección. La implementación de esta herramienta es uno de los primeros pasos para la ejecución de Lean dentro de la empresa. Las 5S dependen en gran medida de la actitud del personal, ya que, si se desea que perdure en el tiempo, se debe instruir correctamente a los trabajadores sobre su utilidad y beneficios. [1]

III. METODOLOGÍA

La automatización de la línea y por consecuencia la reducción de personal técnico actual será atacada con distintas herramientas aprendidas durante el curso. Estas metodologías nos ayudarán a planear una línea optimizada, que sea capaz de entregar el volumen requerido sin la necesidad de personal adicional o equipo adicional.

Mediante la contabilización de las piezas que por norma se deben destruir (calidad) dentro de la planeación de la nueva línea, así como aplicación de herramientas Lean que optimicen trayectos, movimientos y tiempos de reacción del técnico en turno.

3.1 Cálculo de tiempo tacto tomando en cuenta mermas

Un primer paso importante dentro de la planeación de líneas de producción es establecer el tiempo tacto con el que se planeará la línea y se hará el requerimiento de Equipos (dispositivos, robots).

El tiempo tacto de toda línea de producción contempla los minutos disponibles al día, el volumen a producir, así como la disponibilidad mínima requerida para la línea de producción; en Volkswagen de México, el tiempo tacto para estaciones manuales se calcula con una disponibilidad del 90% (5% fallos de equipos + 5% fallos organizativos); mientras que para estaciones automáticas, al tener más equipos electrónicos se esperan más fallas por lo que se calcula una disponibilidad del 85% (10% fallos de equipos + 5% fallos organizativos).

El tiempo tacto de la actual línea manual a automatizar se calcula en la siguiente tabla (imagen 10):

Tiempo tacto estación manual	Cantidad	Unidades
Minutos disponibles al día (1)	1320	Minutos
Volumen requerido al día (2)	550	Autos
Ritmo de fabricación al 100% de disponibilidad: (3) = (1) / (2)	2.4	Minutos por Auto
Disponibilidad estándar en estaciones manuales (4)	90%	
Tiempo Tacto (3) * (4)	**2.16**	**Minutos por auto**

Imagen 10 Cálculo de tiempo tacto línea manual

Calcular el tiempo tacto de la línea automatizada es exactamente de la misma forma, sin embargo, ahora se optimizará incluyendo las mermas que normalmente no toman en cuenta en la planeación de líneas.

Esto con el fin de planear una línea automática que tenga la capacidad suficiente de fabricar las piezas que normalmente se convierten en merma. Las mermas identificadas en la producción actual son las siguientes:

1. Piezas que se mandan a pruebas destructivas de calidad: sello, puntos soldadura, soldadura MAG.
2. Piezas de baja por malos ensambles (error de operario)

Con estos criterios se hará un cálculo de experiencia con los coordinadores de los 3 turnos con el fin de identificar la cantidad de piezas no usables durante cada turno y así obtener un porcentaje de merma que será incluido en el cálculo de tiempo tacto de la nueva línea.

3.2 Acomodo de material logístico de acuerdo a frecuencia de uso (Clasificación inventarios A, B, C)

Otro aspecto que se busca mejorar para así lograr optimizar el personal es optimizar su capacidad de trabajo de cada técnico, en este caso del operario que se encontrará en la ventana de alimentación.

Se aplicará la metodología de un acomodo óptimo de materiales de acuerdo a frecuencia de uso. Esto significa, materiales mayormente consumidos serán los que tenga el operario más cerca. Así, se logrará reducir recorridos del técnico y documentar la no necesidad de personal adicional en la ventana de alimentación.

Actualmente se cuentan con 3 tipos de material en la ventana de fabricación del piso trasero dependiendo de la versión a fabricar: VL (conducción a la izquierda), ML (conducción a la derecha), 4Motion (solo para conducción a la izquierda).

En la estación manual se encuentran actualmente acomodados de acuerdo a número de parte pero no de acuerdo a frecuencia de uso, por lo que el técnico recorre mayores distancias para coger piezas de mayor uso:

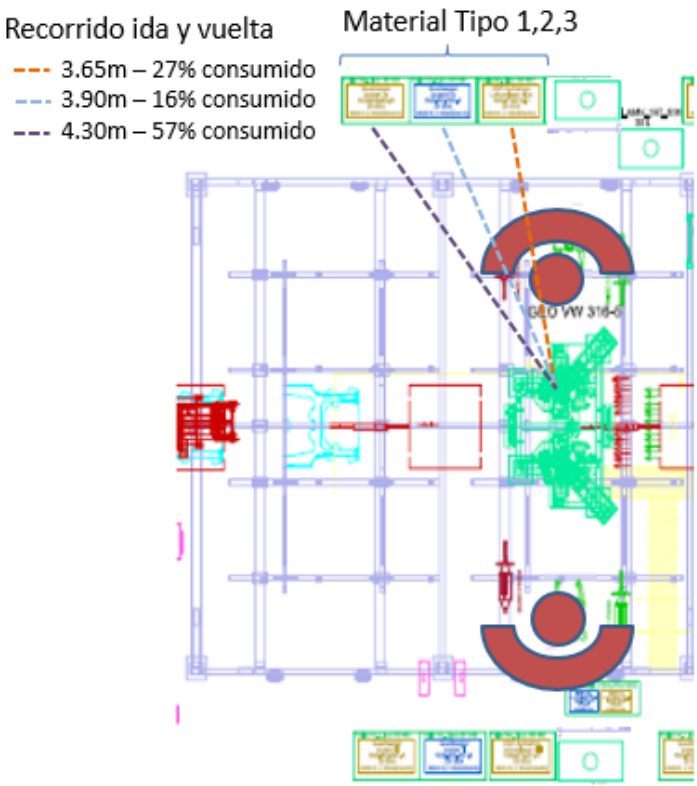


Imagen 11 Estatus recorridos vs consumos de material en estación manual (actual)

En la estación manual se encuentran actualmente acomodados de acuerdo a número de parte, pero no de acuerdo a frecuencia de uso, por lo que el técnico recorre mayores distancias.

Mediante la metodología de clasificación de inventarios A, B, C, se buscará optimizar el recorrido del técnico para disminuir el tiempo que tarda en ir por cada una de las piezas, y así lograr el volumen diario requerido.

3.3 Poka Yoke Visual

Otra herramienta Lean que se buscará usar será la de realizar Poka Yoke visual para la toma de piezas dependiendo del tipo de ensamble a fabricar.

Normalmente los dispositivos cuentan con Poka Yokes mecánicos que, cuando el técnico trata de colocar una pieza errónea cuando se debe colocar la de otro tipo entonces la pieza no puede ser colocada correctamente en el dispositivo, lo que hace que el técnico se dé cuenta, vaya por la pieza correcta y la coloque en su posición.

Esto es útil para evitar malos ensambles, sin embargo, el tiempo de reacción es tardado, mientras que el técnico va por la pieza correcta y vuelve a colocarla en el dispositivo pasan valiosos segundos que se traducen en micro paros durante todo el turno.

En conjunto con la optimización de inventarios A, B, C, se buscará incluir una ayuda visual tipo semáforo para poder identificar cual material debe ir colocado en el dispositivo dependiendo de la versión y además los contenedores contarán con letreros del mismo color que las luces de semáforo para poder ubicar rápidamente el material a tomar de ellos.

IV. RESULTADOS

4.1 Cálculo de tiempo tacto tomando en cuenta mermas

De acuerdo a la metodología, se realizó el cálculo de mermas por turno para el ensamble de piso trasero, que nos llevó a los siguientes resultados:

Ensambles de baja no contabilizados en producción diaria				
Tipo Merma / Turno	1er Turno	2do Turno	3er Turno	Observaciones
Piezas de baja por pruebas destructivas de sello	0.2	N/A	N/A	1 vez por semana
Piezas de baja por pruebas destructivas soldadura	0.1	N/A	N/A	1 vez c cada 2 semanas
Piezas de baja por malos ensambles	4	5	3	
Fallos en señales, equipos, colisiones.	2	2	2	
Sub-Total por turno	**6.3**	**7**	**5**	
TOTAL	**18.3**			
Volumen de piezas al dia	**550**			
% Piezas merma	**3%**			

Imagen 12 Cálculo de mermas por turno

Tomando en cuenta esta información, se procedió a calcular el nuevo tiempo tacto:

Tiempo Tacto estación automática	Cantidad	Unidades
Minutos disponibles al día (1)	1320	Min
Volumen requerido al día (2)	550	Carrocerías
Ritmo de fabricación al 100% de disponibilidad: (3)= (1) / (2)	2.4	Carrocerías
Disponibilidad actual en estaciones automáticas (4)	85%	
Porcentaje de Merma calculada (5)	3%	
Nueva Disponibilidad en estación automática (6) = (4) - (5)	82%	
Tiempo Tacto (7) = (6) * (3)	1.97	Minutos / Carrocería

Imagen 13 Cálculo de tiempo tacto en estación automática contabilizando mermas

Poniendo en comparativa el tiempo tacto que se habría usado con y sin mermas tenemos lo siguiente:

Tiempo Tacto estación automática	Sin Mermas	Con Mermas
Minutos disponibles al día (1)	1320 [min]	1320 [min]
Volumen requerido al día (2)	550 [carrocerías]	550 [carrocerías]
Ritmo de fabricación al 100% de disponibilidad: (3)= (1) / (2)	2.4 [Min / Carrocería]	2.4 [Min / Carrocería]
Disponibilidad en estaciones automáticas (4)	85%	**82%**
Tiempo Tacto (5) = (4) * (3)	2.04 [Min / carrocería]	1.97 [Min / carrocería]
	122.4 seg/ carr.	**118.0 seg/ carr.**

Imagen 14 Tabla comparativa tiempo tacto estación automática con/sin contabilizar mermas

En una planeación tradicional se habría planeado un tiempo tacto para líneas automáticas con un tiempo tacto de 122.4 segundos, sin embargo, solo se estaría contemplando el volumen diario de 550 unidades, sin embargo, las pérdidas por mermas arriba mencionadas no se tomarían en cuenta por lo que no llegaríamos al volumen diario. Sin embargo, en la columna de la derecha se contempla la planeación de una línea con un tiempo tacto que incluye un volumen adicional de 18.3 piezas al día para poder cubrir las necesidades de calidad de destruir piezas para pruebas, esto significa que la línea debe correr 4.4 segundos más rápido en cada ciclo para poder cubrir el volumen adicional.

4.2 Acomodo de material logístico de acuerdo a frecuencia de uso (Clasificación inventarios A, B, C)

En el acomodo de material, nos dimos cuenta que, en la estación manual anterior el material con mayor ocupación se encontraba en posiciones más lejanas al punto de uso.

Para mejorar el recorrido del técnico y optimizar el tiempo de toma de material se analizaron los 3 diferentes tipos de material que se alimentan en la línea para determinar cuál es el más requerido en la fabricación de piso trasero. Después de ello, se buscó que para la nueva ventana se acomodara el material de tal forma que los más usados sean los que se encuentran más cerca del operario que alimenta a la línea.

Material (Charola Piso Trasero)	**Porcentaje de uso [%]**	**Recorrido [m]**
Tipo 1: NAR	57%	2.03m
Tipo 2: Europa/RdW	27%	3.45m
Tipo 3: Sudamérica	16%	5.17m

Imagen 15 Tabla reorganización material de acuerdo a uso

En el siguiente Layout (imagen 16) podemos apreciar en la parte inferior el acomodo final de los racks con materiales, tomando en cuenta que los más usados se encuentran en cercanía con el técnico.

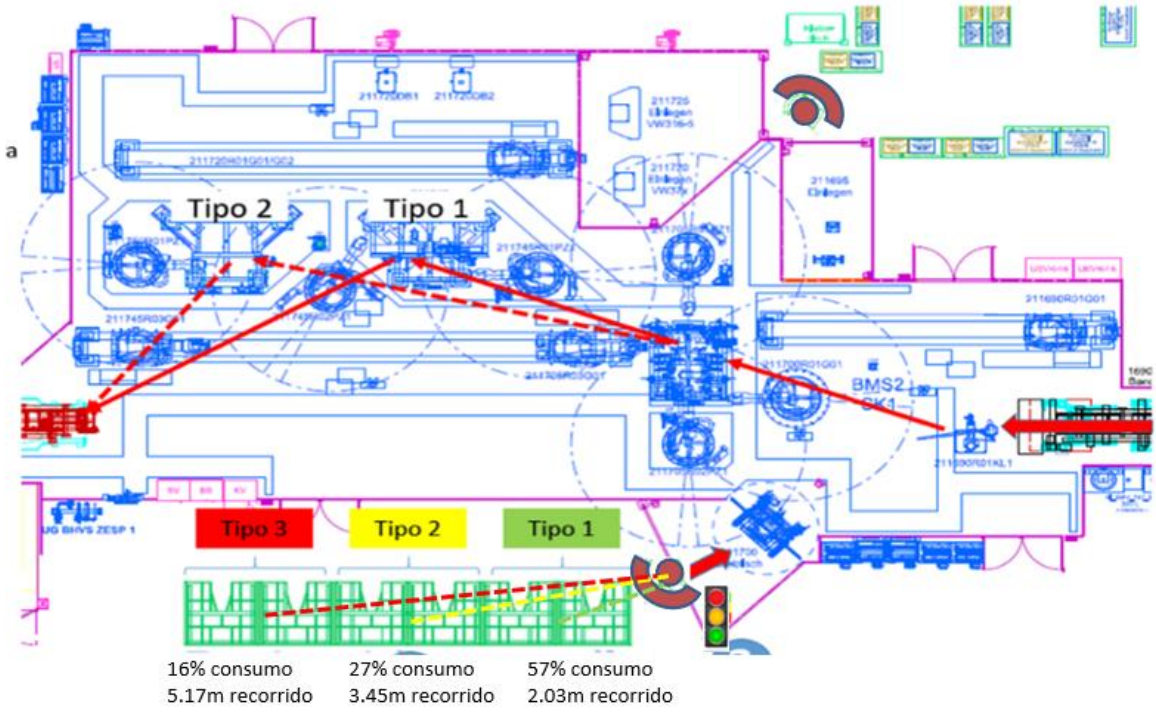


Imagen 16 Layout final con reacomodo de materiales

4.3 Implementación de Poka Yoke Visual

Complementando la optimización de recorridos con la correcta posición de los racks de material; para mejorar la reacción del técnico y evitar tomar piezas incorrectas se incluyó un Poka Yoke visual en el que se incluye una ayuda visual de cuál es la pieza que debe tomar y el rack donde toma la pieza también tiene una señalética del mismo color para poder ubicar fácilmente el material a tomar (mismo ejemplo de Poka Yoke lo encontramos en cables RCA para televisores). Para ello, se instaló un semáforo con 3 distintos colores para que, en cuanto se requiera pieza 1, prenda un tono de luz que haga referencia al rack tipo 1, del mismo modo el Rack tiene señalética con el mismo color para poder ubicarlo rápidamente.

Cabe destacar que además de éste Poka Yoke, la línea cuenta con Poka Yokes mecánicos en los medios de producción dentro de la ventana de alimentación para identificar si a pesar del semáforo pone una pieza incorrecta, la línea no avance.

La línea actualmente se encuentra en un estado de liberación de tiempo tacto y calidad de piezas; ya es capaz de fabricar piezas de forma automática. En la siguiente imagen se puede observar el semáforo instalado en la ventana de alimentación, con el que se guía el técnico para poder alimentar la pieza adecuada:

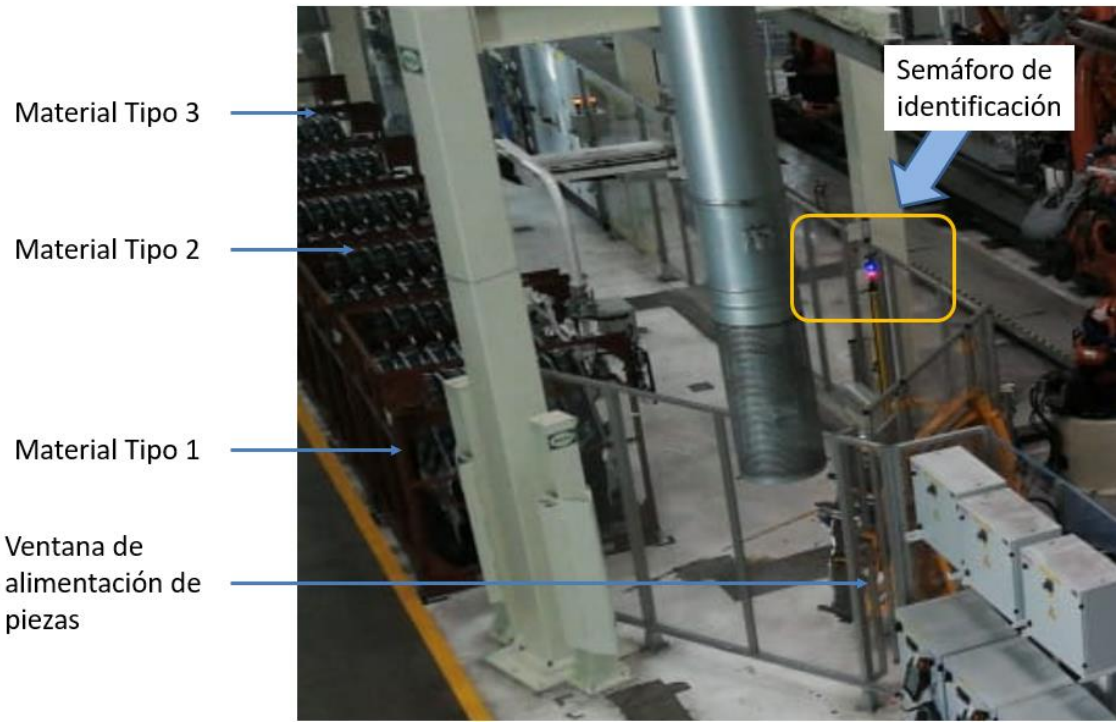


Imagen 17 ventana de alimentación Charola Piso Trasero

Como se puede apreciar en la imagen, ahora el material más usado se encuentra más cerca de la ventana de alimentación; esto es un ahorro de tiempo fuerte tomando en cuenta que la pieza que se alimenta es la charola de piso trasero (aprox 12kg) y se debe utilizar manipulador para alimentarla.

Imagen 18 Acomodo de Racks charola Piso Trasero

V. CONCLUSIONES

Mediante la presente automatización y con el apoyo de las herramientas Lean, se ha logrado a la fecha instalar una línea de piso trasero con robots recuperados por parte de mantenimiento. La línea se logró hacer de forma combinada el producto actual más el ensamble de la nueva camioneta por lo que esta automatización durará 7 años funcionando por lo menos.

Imagen 19 Línea automática Piso Trasero

Esta línea, es capaz de fabricar 550+18 unidades al día más mermas. Todo, con 6 técnicos al día (2 por turno). A diferencia de la línea manual que trabajaba con 18 técnicos al día (6 por turno). A continuación se hace una comparativa de la estación manual contra la nueva estación automática donde, se logra apreciar cada puesto de trabajo:

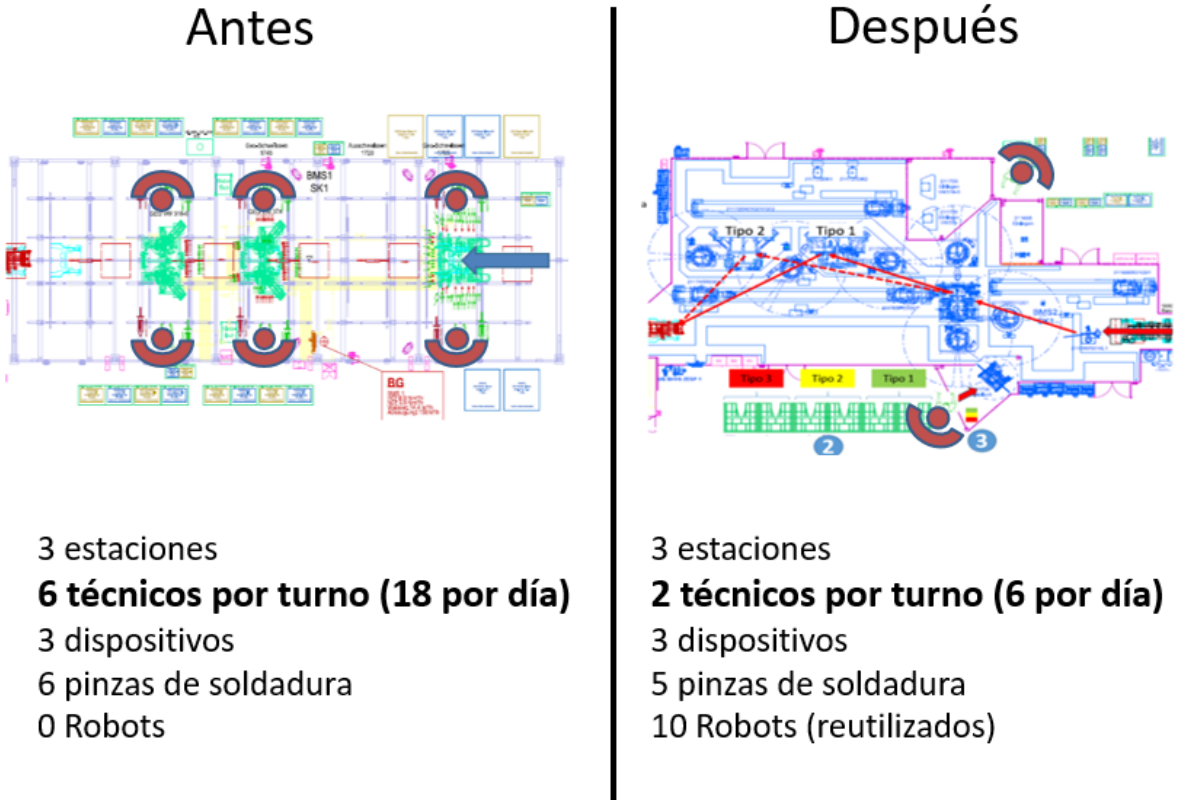


Imagen 20 Comparativa-Ahorro línea manual vs automática

Este ahorro de técnicos tendrá un impacto positivo en las metas de personal del proyecto; su impacto recae directamente en los costos de fabricación del automóvil. En la siguiente tabla podemos visualizar el ahorro generado por los técnicos:

Técnicos optimizados	**Costo aprox por técnico [USD/año]**	**Ahorro total [USD/año]**
12	20,000	240,000

Imagen 21 Ahorro generado por la automatización piso trasero