



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA COLEGIO
MECÁNICA Y ELÉCTRICA

“ESTANDARIZACIÓN DE UN PRIMER MONTAJE EN
LÍNEA DE PRENSAS PXL EN NAVE DE
ESTAMPADO DE ARMADORA AUTOMOTRIZ”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO
EN INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

PRESENTA: GUSTAVO ANDONI RAMOS MENDIETA

ASESOR:

M.SC.A. CARLOS ROBERTO IBÁÑEZ JUÁREZ

PUEBLA, PUEBLA A 13 DE NOVIEMBRE DE 2023

Índice preliminar

Abstract.....	8
Capítulo I	9
1.1 Problema de Investigación	9
1.2 Justificación.....	17
1.3 Objetivos de la investigación	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 Preguntas de investigación.....	19
1.4.1 General	19
1.4.2 Específicas	19
1.5 Alcances y Limitaciones	19
1.5.1 Alcances:	19
1.5.2 Limitaciones:	20
Capítulo II	21
2.1 Marco Teórico	21
2.1.1 SMED.....	22
2.1.2 TPS.....	23
2.1.3 Más Métodos de Optimización	25
2.1.4 La VSM (Value Stream Mapping).....	28
2.1.5 Era Tecnológica	34
Capítulo III.....	38
3.1 Escenario Inicial	38
3.1.1 Generalidades.....	38
3.1.2 Procesos para Primer montaje.....	41
Capítulo IV	52
4.1 Primer Montaje Optimizado.....	52
4.1.1 Identificación de Actividades – Lean Manufacturing	53
4.1.2 Identificación de problemas recurrentes – Teoría de Restricciones	57

4.1.3 Propuestas de Mejora	60
4.2 Análisis de los Resultados - Portaplacas.....	71
4.2.1 Escenario	71
4.2.2 Notaciones Negativas	75
4.2.3 Ishikawa.....	77
4.2.4 Notaciones Positivas	79
4.2.5 Estrategia de Optimización – Mapeo de Procesos + Lean Manufacturing	79
4.3 Análisis de los Resultados – Siguiendo Referencias.....	82
4.3.1 Condiciones de Control	82
4.3.2 Six Sigma.....	85
Conclusiones	87
Mejora Continua – Feedback (Retroalimentación).....	87
Referencias.....	89

Índice de Tablas

Tabla 1 Grupos de Trabajo de operadores de línea	42
Tabla 2 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo A	42
Tabla 3 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo B	43
Tabla 4 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo C	43
Tabla 5 Organización de los nuevos grupos de trabajo de los operadores.....	45
Tabla 6 Números de parte analizados	59
Tabla 7 Número de parte analizados posteriores al Portaplacas (8MA 827 115)	83

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Diagrama de la línea PXL con sus partes	14
Ilustración 2 Línea parecida a la del estudio en proceso.....	14
Ilustración 3 EOL con Robot de descarga depositando pieza sobre banda de salida	15
Ilustración 4 Ejemplo de un mapa de flujo de valor (VSM) (Salazar López, 2019)	30
Ilustración 5 Diagrama de operación y disposición del EOL en la línea PXL.....	41
Ilustración 6 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el FOL.....	54
Ilustración 7 Diagrama de Gantt con las actividades para la línea de prensas y feeders	56
Ilustración 8 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el EOL.....	56
Ilustración 9 Protocolo de primer montaje del taller de troqueles.....	58
Ilustración 10 Índice de la guía de la cámara de centrado	67
Ilustración 11 Diagrama de Flujo para condiciones iniciales de primer montaje	69
Ilustración 12 Diagrama de flujo propuesto para actividades de primer montaje	70
Ilustración 13 Diagrama propuesto para las actividades del día del primer montaje	81
Ilustración 14 Captura de pantalla de BDE con tipos de paros de línea	82
Ilustración 15 Captura de pantalla de BDE con tiempo "Werkzeug-Anlauf"	83

Índice de Gráficas

Gráfica 1 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del Grupo A.....	43
Gráfica 2 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del Grupo B.....	44
Gráfica 3 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del Grupo C.....	44
Gráfica 4 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo A	45
Gráfica 5 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo B	46
Gráfica 6 Primeros montajes y antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo C	46
Gráfica 7 Tiempos de primer montaje en el proyecto AU436	84

Resumen

El primer montaje en la línea de prensas es una actividad crucial, ya que marca el verdadero inicio de la fabricación de una nueva pieza en la línea de prensas PXL. Tanto si se trata de responder a la demanda de un nuevo modelo como de abordar una situación de emergencia planteada por una armadora del consorcio, el primer montaje requiere una cooperación masiva y abarca desde la medición de la platina hasta aspectos más complejos.

Durante el primer montaje, se lleva a cabo la programación de la secuencia en la línea de prensas, lo cual implica una serie de tareas fundamentales. Esto incluye la descarga de una curva de movimiento en una prensa o un feeder, así como la programación de levas de aire para lograr formas complejas mediante el movimiento controlado de "carros" en los troqueles utilizando la neumática. Estas acciones requieren un alto nivel de precisión y conocimiento técnico por parte del personal operativo.

Sin embargo, a pesar de su importancia, el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL ha mostrado falta de estandarización y optimización, así como la carencia de un registro documental adecuado y una comunicación efectiva entre los diferentes grupos de trabajo en la nave de estampado de la armadora automotriz ubicada en San José Chiapa. Esta situación afecta la eficiencia y calidad del proceso de primer montaje.

Por lo tanto, en esta investigación se pretende profundizar en el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, analizando su falta de estandarización y optimización, así como la ausencia de un registro documental adecuado y una comunicación efectiva entre los grupos de trabajo. El objetivo es identificar las áreas de mejora y proponer estrategias para estandarizar y optimizar el proceso, con el fin de lograr una mayor eficiencia, reducción de tiempos muertos y mejora de la calidad en la producción de las piezas de la carrocería.

Además, se pretende evaluar los resultados de la implementación de la metodología propuesta, comparando el antes y después de su aplicación. Con este estudio, se busca proporcionar a la armadora automotriz un enfoque práctico y aplicable para mejorar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, lo que a su vez podría tener un impacto positivo en la eficiencia global de la planta de estampado y, en última instancia, en la calidad de los vehículos fabricados.

A través de este trabajo de investigación, se espera contribuir al campo de la estandarización y optimización de procesos en la industria automotriz, proporcionando información relevante y práctica para aquellos involucrados en la fabricación de automóviles y en la mejora continua de sus procesos de producción.

Abstract

The first assembly in the press line is a crucial activity as it marks the true beginning of manufacturing a new part in the PXL press line. Whether it is in response to the demand for a new model or addressing an emergency posed by a consortium's assembly plant, the first assembly requires massive cooperation and encompasses aspects ranging from measuring the platen to more complex considerations.

With the first assembly process, the programming of the sequence in the PXL press line is conducted, involving a series of crucial tasks. This includes the discharge of a motion curve into a press or feeder, as well as the programming of air cams to achieve complex shapes through the controlled movement of "cars" in the dies using pneumatics. These actions require an elevated level of precision and technical knowledge from the operational staff.

However, despite its importance, the first assembly process in the PXL press line has shown a lack of standardization and optimization, as well as the absence of proper documentation and effective communication among different workgroups in the stamping facility of the automotive assembly plant found in San José Chiapa. This situation affects the efficiency and quality of the first assembly process.

Therefore, this research aims to delve into the first assembly process in the PXL press line, analyzing its lack of standardization and optimization, as well as the absence of proper documentation and effective communication among workgroups. The aim is to find areas for improvement and propose strategies to standardize and perfect the process, aiming for improved efficiency, reduced downtime, and enhanced quality in the production of body parts.

Furthermore, the goal is to evaluate the results of implementing the proposed method by comparing the before and after scenarios. Through this study, it is expected to provide the automotive assembly plant with a practical and applicable approach to improve the first assembly process in the PXL press line, which could have a positive impact on the overall efficiency of the stamping plant and, ultimately, on the quality of the manufactured vehicles.

Furthermore, the results of implementing the proposed method will be evaluated by comparing the before and after scenarios. This study aims to provide the automotive assembly plant with a practical and applicable approach to improve the first assembly process in the PXL press line, which, in turn, could have a positive impact on the overall efficiency of the stamping plant and ultimately on the quality of the manufactured vehicles.

Through this research work, it is expected to contribute to the field of process standardization and optimization in the automotive industry by supplying relevant and practical information for those involved in car manufacturing and the continuous improvement of their production processes.

Capítulo I

1.1 Problema de Investigación

La industria automotriz es uno de los sectores más importantes a nivel mundial, compuesta por empresas dedicadas a la producción y comercialización de vehículos terrestres, como automóviles de pasajeros y camiones. Este sector satisface una necesidad primordial del ser humano: el transporte. A lo largo del tiempo, esta industria ha experimentado constantes mejoras en los procesos y desarrollos tecnológicos.

Dentro de la industria automotriz, diversos ramos desempeñan un papel esencial. La metalmecánica, la industria de vidrios y plásticos, la informática y la electrónica son algunas de las especialidades que se han unido a esta industria para satisfacer las demandas y requerimientos de los usuarios.

Según Martínez (2022), en el año 2021 se produjeron 80,145,988 vehículos a nivel mundial, un 6% más que en 2020, aunque un 5% menos que en 2019. Esta fluctuación puede atribuirse a la pandemia de COVID-19, que afectó la producción global durante 2020. A pesar de los desafíos, 2021 marcó una recuperación significativa para la industria automotriz, a pesar de la escasez de semiconductores que afectó el ritmo de producción.

México se destaca como un referente en la industria automotriz a nivel mundial. Durante los años 2020 y 2021, el país ocupó el séptimo lugar como productor de vehículos a nivel mundial, según datos de la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA). La industria automotriz en México representa el 3.5% del PIB y genera 930,758 empleos, beneficiando directamente a aproximadamente 3.5 millones de personas.

En México, existen 22 plantas de vehículos, 10 plantas de motores y 7 plantas de transmisiones distribuidas en diferentes estados del país. Además de los estados tradicionalmente asociados a la industria automotriz, como Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Guanajuato, otros estados también están incursionando en esta industria.

Uno de los estados destacados en la producción automotriz es Puebla, que representa el 43.4% del PIB estatal y genera más de 65,000 empleos. La historia automotriz en Puebla se remonta a hace más de medio siglo, con la instalación de una armadora en el municipio de Cuautlancingo. Con el paso de los años, otra planta del mismo consorcio se estableció en San José Chiapa en 2012, lo que significó la llegada de una marca premium reconocida a nivel mundial.

Dentro del ensamblado de un vehículo en una planta armadora, se tienen varios procesos tales como el estampado de las piezas metálicas que conforman las piezas que lleva la carrocería mediante prensas y troqueles que hacen que la lámina adopte la forma deseada, el ensamble de estas piezas mediante técnicas de unión como la

soldadura y el engargolado para así formar la carrocería; posteriormente el pintado de la carrocería con el color que el cliente desea para posteriormente pasar al proceso de armado de interior, donde los componentes esenciales como motor, suspensión, asientos, tablero, llantas, etc. se arman para por último pasar por las pruebas de calidad que hacen garantizar la calidad con la que el cliente recibe el vehículo.

Teniendo claro el proceso que lleva un vehículo dentro de su planta armadora, cabe ahondar en el proceso de estampado. El proceso de estampado no ha cambiado mucho desde sus inicios, el cual consta de la transformación de lámina plana a una con volumen mediante el uso de troqueles y prensas.

Los medios de transporte, así como las tecnologías de las prensas y troqueles han cambiado con el paso del tiempo, en un inicio el transporte de láminas era 100% manual lo que conllevaba un importante esfuerzo físico con el traslado de láminas con un peso pronunciado, actualmente la robótica ha servido como aliado de este proceso ya que ha eliminado el traslado manual de las láminas para así ocupar robots o brazos robóticos para el manejo de piezas de estación a estación en la línea de prensas.

Las prensas o la línea de prensas se ha ido modernizando con el uso de diferentes aditamentos ayudado de la mecatrónica y electrónica, el uso de sensores para diferentes tareas ha revolucionado el manejo de las prensas para asegurar la integridad del personal operativo y la calidad del producto procesado, así también el uso de servomotores ha transformado el mundo de las prensas al hacerlas independientes y así evitar el uso de volantes de inercia, haciendo independiente la operación de cada prensa.

El tema de los troqueles ha evolucionado con el óptimo uso de la neumática al ocuparse para el movimiento de cilindros que a su vez hacen que “carros” de trabajo hagan su traslado para que al prensarse la pieza adquiera formas complejas como líneas de estilo o formas bien definidas, canteados/doblados de ceja agradables a la vista o ergonómicos para su próximo ensamblaje, etc.

Una nave de estampado consta como ya se ha descrito, de una línea de prensas que se encarga del proceso de la lámina previamente cortada para su transformación; con esto también debemos involucrar al área de taller de troqueles quienes se encargan de darle mantenimiento a estos, así como hacer sus correspondientes optimizaciones derivadas de la exigencia de calidad que el proceso de ensamblaje, pintado o montado de piezas siguiente exige.

En ocasiones se cuenta con una línea de cortado de la lámina, donde desde el rollo/bobina de lámina se descarga y se monta en la línea de corte para mediante un troquel o cizalla se adquiera la forma deseada para ser procesada en la línea de prensas.

Dentro del proceso de fabricación de vehículos, la nave de Prensas desempeña un papel fundamental. En esta etapa, se fabrican las piezas de la carrocería a un ritmo

impresionante, utilizando tecnologías avanzadas como robots, cámaras de centrado y cojines de embutido. El personal operativo juega un papel esencial en el correcto funcionamiento de la línea de prensas, realizando tareas como el montaje de secuencias y supervisando la calidad del proceso.

La nave de Estampado o Prensas que se ubica en la armadora ubicada en San José Chiapa, se inicia con la cortadora de platina (BSA). Aquí, el material metálico se transforma en la forma requerida mediante el uso de una cizalla o troquel. Esta forma será utilizada en la línea de prensas PXL, que combina diversas tecnologías avanzadas, como robots para el traslado de piezas, cámaras de centrado y cojines de embutido, junto con troqueles/moldes, para transformar la lámina en las diferentes partes que componen la carrocería de la camioneta Q5 y sus variantes, como el Q5 SB y el próximo Q5 sucesor (Q5 NF).

Aunque la línea de prensas es automatizada, la intervención del personal operativo es esencial para garantizar su correcto funcionamiento. Sus tareas incluyen la alimentación del material, el desmontaje de la secuencia previamente producida y el montaje de la siguiente secuencia, utilizando equipos como grúas de 70 toneladas y preparando los troqueles con las mecanizaciones neumáticas necesarias para los robots y feeders. Además, el personal está a cargo de supervisar la línea y solucionar cualquier falla de calidad o dentro del proceso.

Después del procesamiento de la lámina se obtienen piezas, las cuales deben ser contabilizadas y empacadas por el área de logística, la última área involucrada directamente con la nave de estampado ya que en el presente caso de estudio, se encarga de la revisión de cada pieza que sale del proceso de prensado asegurando la calidad que se requiere en cada número de parte de la carrocería próxima a armar; posteriormente, las piezas que se empaquetan se almacenan para el consecuente uso en la nave de ensamblado o armado de carrocerías.

En medio de todas estas actividades, destaca la importancia del primer montaje. Esta actividad marca el verdadero inicio de la fabricación de una nueva pieza, ya sea en respuesta a la demanda de un nuevo modelo o a una situación de emergencia planteada por una armadora del consorcio. La programación de esta secuencia en la línea de prensas requiere una cooperación masiva, abarcando desde la medición de la platina hasta aspectos más complejos, como la descarga de una curva de movimiento en una prensa o un feeder, o la programación de levas de aire para lograr formas complejas mediante el movimiento controlado de "carros" en los troqueles utilizando la neumática.

Con esta perspectiva inicial, se busca en esta tesis profundizar en el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, analizando la falta de estandarización y optimización, así como la ausencia de un registro documental adecuado y una comunicación efectiva entre los diferentes grupos de trabajo en la nave de estampado de una armadora automotriz ubicada en San José Chiapa. El objetivo es comprender

cómo la falta de estandarización y optimización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, junto con la carencia de un registro documental adecuado y una comunicación efectiva entre los grupos de trabajo en la nave de estampado de la armadora automotriz ubicada en San José Chiapa, afecta la eficiencia y calidad del proceso de primer montaje. A través de un análisis exhaustivo, se buscará identificar las áreas de mejora y proponer estrategias para la estandarización y optimización del proceso, con el fin de lograr una mayor eficiencia, reducción de tiempos muertos y mejora de la calidad en la producción de las piezas de la carrocería.

Las armadoras automotrices se encargan como su nombre lo indica, de la fabricación de un modelo o varios según la capacidad de producción y la adecuación de las líneas de ensamble.

La armadora se apoya de proveedores de autopartes que mandan su producto para que la armadora pueda ensamblar el vehículo. De igual forma, algunas piezas por el cuidado que se debe tener al manipularlas se fabrican desde cero dentro de la armadora o bien se ensamblan por completo al tener piezas preensambladas de proveedores

Un vehículo contiene infinidad de partes que la conforman, piezas estampadas que forman la carrocería que todos vemos por fuera, refuerzos internos para que la carrocería resista impactos, vestiduras en asientos, molduras para la parte estética interna del vehículo, cableado para todo el componente eléctrico que el coche ocupa, etc.

En el proceso de fabricación de un vehículo intervienen por lo general miles de personas ya sea de forma directa con la fabricación/ensamble de las piezas o de forma indirecta con la función de planeación para que todo corra en orden dentro de las áreas de trabajo.

La industria automotriz representa quizá un oasis dentro de la industria manufacturera ya que interviene una necesidad primaria tal como lo es el transporte.

Dentro de la industria automotriz, la llegada o lanzamiento al mercado de un nuevo modelo implica la innovación y llegada de nuevos aditamentos y componentes en el vehículo que se comercializará.

La mayoría de las veces un modelo varía poco en su diseño por fuera, no obstante, el cambio se ve en su mayoría por dentro, dónde las diferencias son notables en la versión del modelo que cambia año con año.

Es importante apuntar que un modelo de vez en cuando requiere un “refresh” el cual implica una renovación estética por fuera y por dentro.

La razón por la cual el “refresh” sucede aproximadamente cada 5 años es por la construcción de la carrocería. El proceso de ensamblaje de la carrocería como ya se mencionó anteriormente, se divide en la fabricación de las piezas sueltas, su posterior ensamble dividido igual por la sección de plataforma, el cuerpo de la carrocería

(costados y toldo) y finalmente las partes móviles (puertas, cofre y cajuela) para finalmente terminar con el ensamble completo de la carrocería para su posterior proceso de pintura y consecuentemente el montaje de las piezas que forman el interior, molduras, gomas, asientos, volante, tablero, etc.

En el proceso de fabricación de las piezas que conforman la carrocería se involucran diferentes tipos de manufactura como estampado en frío, estampado en caliente y fundición

Como se sabe, dentro de la tecnología de los metales y su manufactura, para poder tener una forma deseada en los metales se requiere de moldes, llamados troqueles dentro de la industria manufacturera, y el uso también de aditamentos mecánicos que funcionan a través de la hidráulica, mejor resumido, el uso de prensas mecánicas que se apoyan de la neumática y la hidráulica para poder formar la lámina, acero, aluminio mediante troqueles que hacen posible que el producto tenga la forma deseada, con punzonados deseados, dobleces precisos, etc.

La fabricación de un troquel es un proceso costoso y tardado, razón principal por la cual la carrocería tarda en tener su “refresh”, tan sólo la planeación de la fabricación puede llegar a tardar un año por el diseño de la herramienta (troquel) en función de las formas nuevas que tendrá la carrocería.

Al menos dentro de la armadora ubicada en San José Chiapa, se cuenta con 17 juegos de troqueles para la fabricación de piezas de vista y refuerzos específicos, algunas secuencias incluyen 6 troqueles, otras 5 y algunas 4; esto significa 87 troqueles en conjunto, herramientas que en su momento contaron con su proceso de fabricación y posterior ajuste fino.

Al manejarse presiones altas (En promedio 1600 Ton. para el formado de la pieza y en promedio 900 Ton para las demás operaciones) para el correcto formado de la lámina los ajustes finos se refieren al trabajo artesanal que los matriceros/troqueleros constructores deben de hacer para compensar pequeñas diferencias entre la planeación de la herramienta y el escenario real.

Este es el proceso que lleva un troquel para poder funcionar de forma correcta, se mencionó que el troquel es el medio de trabajo que ocupa la prensa, por lo tanto, la prensa o la línea de prensas es otro factor que debe ponerse a punto para que la pieza que fabrica la secuencia de troqueles pueda producir en automático

Al vivir la era de la automatización, el objetivo de las fábricas es apoyarse de estas oportunidades para producir más piezas en menor tiempo conservando la calidad del producto.

La línea de prensas PXL que se encuentra en la nave de estampado en la armadora de San José Chiapa consta de tres partes esenciales y específicas; alimentador de platina, línea de Feeders y Prensas y Descarga de piezas.

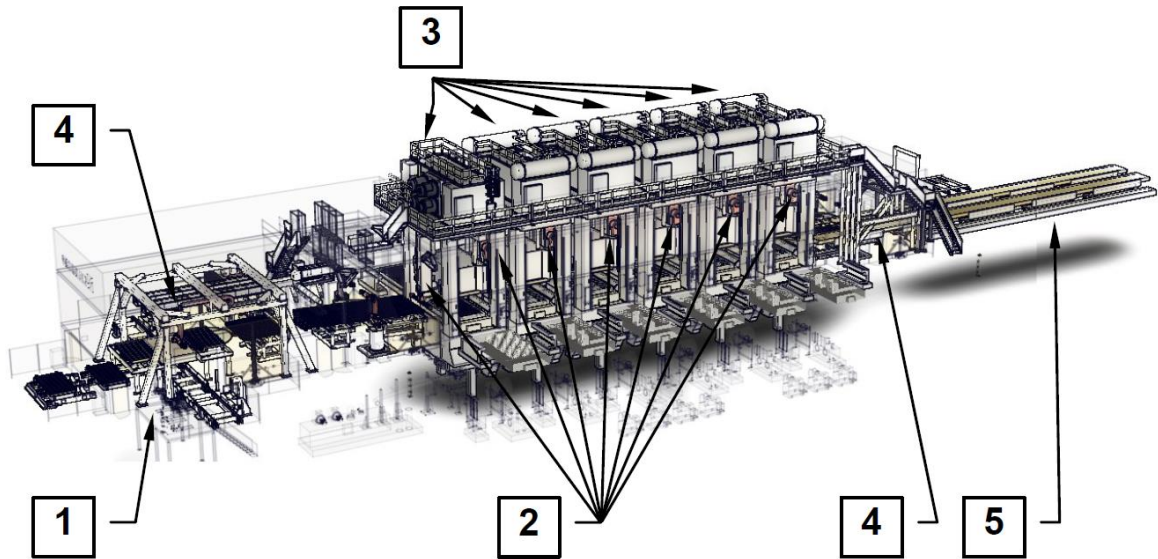


Ilustración 1 Diagrama de la línea PXL con sus partes: 1. Cargador de Platinas (FOL), 2. Feeders, 3. Prensas, 4. Robots, 5. Descarga de Piezas (EOL)

El proceso de manufactura que se ocupa es la de estampado en frío y el proceso de un primer montaje se refiere al hecho de la programación por parte de los operadores de línea de las diferentes partes de la línea para la producción en automático de la pieza que el troquel producirá.



Ilustración 2 Imagen de una línea parecida a la del estudio en proceso

La programación del alimentador de platina involucra básicamente el movimiento del paquete de lámina, el traslado de éste para que robots alimentadores puedan trasladar la lámina a través de bandas y el centrado de la lámina para su correcto depósito en el primer troquel.

El proceso de programación de la línea de prensas y Feeders, se basa principalmente en la revisión de datos precargados que vienen de curvas de movimiento, la adecuación de datos que se revisaron en el taller de troqueles para evitar un daño a algún aditamento de la herramienta o la prensa y la no colisión de los feeders con los troqueles en una simulación de lo que será el movimiento en automático de la línea trabajando

Finalmente, en el descargador de piezas, el proceso se refiere al depósito de la(s) piezas sobre la banda de salida para que las personas encargadas de la revisión y posterior empaque de la pieza procesada puedan realizar de forma óptima su trabajo.



Ilustración 3 Imagen del EOL en donde el Robot de descarga deposita la pieza sobre la banda de salida

La programación de una nueva secuencia dependiendo de su complejidad puede durar de un turno (8 hrs) a turno y medio (12 hrs)

El proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL en la nave de estampado de una armadora automotriz es un proceso crítico que requiere la integración de varias actividades y tareas que deben llevarse a cabo en el menor tiempo posible para garantizar la eficiencia y calidad del proceso.

Sin embargo, la falta de estandarización y optimización de este proceso puede llevar a una serie de problemas, como el aumento de tiempos muertos, retrasos en la producción, errores en el montaje de piezas, baja productividad y calidad, y costos innecesarios.

Por lo tanto, el problema de investigación radica en la necesidad de optimizar y estandarizar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL en la nave de estampado de una armadora automotriz, para mejorar la eficiencia y calidad del proceso, reducir los tiempos muertos y mejorar la productividad, y disminuir los costos innecesarios.

En este proyecto, se busca establecer un estándar en un proceso que carece de condiciones establecidas. El objetivo es destacar a la armadora en la que se aplica este proyecto por encima de plantas de la misma marca, al establecer pautas para un proceso vital pero ocasional. Al equilibrar los conocimientos de los tres grupos de

trabajo, se garantiza que no se necesite depender de un grupo reducido de especialistas, lo que genera tranquilidad entre los coordinadores al saber que la actividad se realizará de la mejor manera posible. Sin embargo, debido a la naturaleza impredecible del proceso de primer montaje y las complejas secuencias de los troqueles, a veces se requiere más de un turno para completar la actividad. La transmisión de información durante los cambios de turno puede distorsionarse o no ser clara, lo que normalmente resulta en retrabajos.

Para abordar este problema, se propone el desarrollo de una metodología que permita la estandarización y optimización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, la cual debe ser capaz de registrar y analizar datos de producción, identificar oportunidades de mejora y establecer estándares de calidad y eficiencia. De esta manera, se espera contribuir al logro de una operación más eficiente y efectiva en la nave de estampado de la armadora automotriz.

1.2 Justificación

La industria automotriz es un sector altamente competitivo en el que las empresas buscan constantemente mejorar sus procesos de producción para aumentar la eficiencia y reducir los costos (Rosales M., 2018). Una de las áreas clave para lograr este objetivo es el proceso de ensamblaje, en particular el primer montaje en la línea de prensas, que es una etapa crítica para garantizar la calidad del producto final (López, García , & González, 2019).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo estandarizar y optimizar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL en la nave de estampado de la armadora automotriz ubicada en San José Chiapa. Esta optimización se logrará mediante la identificación de los factores críticos de éxito y la implementación de mejoras en los procesos y en la gestión del personal y los recursos.

La importancia de esta investigación radica en que la optimización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL permitirá mejorar la calidad del producto final, reducir los tiempos de ciclo y aumentar la eficiencia en la producción, lo que se traducirá en una reducción de costos y una mayor competitividad de la empresa en el mercado.

Como se expuso en el apartado anterior, dado el lapso en el que los primeros montajes se presentan, muchas actividades se dejan en el olvido porque no son acciones que se hagan con el día a día en el área; los primeros montajes a pesar de que cuando se juntan ofrecen experiencia al por mayor al realizarse la actividad constantemente por un lapso de un par de meses aproximadamente, se dejan en el olvido después por un lapso de al menos 3 años, tiempo suficiente para que el personal que estuvo presente en los primeros montajes anteriores haya cambiado de área, trabajo, etc., lo que conlleva a que personal “nuevo” esté sin conocimientos suficientes para realizar la actividad de forma correcta.

La falta de experiencia del personal nuevo y la rotación constante de los trabajadores pueden afectar negativamente la calidad y eficiencia de los procesos de producción, especialmente en un área crítica como el primer montaje en la línea de prensas PXL. Una optimización y estandarización adecuada de los procesos puede ayudar a minimizar el impacto de estos factores y mejorar la eficiencia y calidad de los procesos de producción.

El proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL es una actividad crítica para garantizar la calidad del producto final en la industria automotriz. Sin embargo, se ha identificado una falta de estandarización y optimización en cuanto a los documentos y procedimientos utilizados para llevar un registro de los primeros montajes realizados. Esta situación puede resultar en una disminución en la calidad del producto, aumento en los tiempos de producción y una baja eficiencia en la línea de prensas.

La falta de estandarización en cuanto a documentos para llevar un registro de los primeros montajes y la falta de transmisión de información entre los grupos de trabajo pueden generar errores y malentendidos que afectan la calidad y eficiencia de los procesos de producción. Una documentación adecuada y una transmisión clara y efectiva de la información son necesarias para garantizar la consistencia y calidad de los procesos de producción.

Además, el personal nuevo que se incorpora a la línea puede enfrentar mayores dificultades al no contar con un procedimiento para realizar los primeros montajes.

Por lo tanto, es necesario estudiar la posibilidad de optimizar y estandarizar los procedimientos de registro y documentación de los primeros montajes, tomando en cuenta la experiencia del personal y el lapso entre cada actividad, con el fin de mejorar la calidad del producto, reducir los tiempos de producción y aumentar la eficiencia de la línea en general.

Al no tener un tiempo conciso, la actividad puede llevarse a cabo por dos grupos de trabajo lo que implica que se trabaje de forma similar pero no igual, teniendo conflicto en ocasiones al hacer la entrega del turno y estatus del proceso.

La estandarización y optimización de los procesos de producción es un factor clave para garantizar la calidad, eficiencia y competitividad de una empresa. En el caso de la armadora automotriz, una buena optimización de los procesos de primer montaje en la línea de prensas PXL puede mejorar la calidad de los vehículos producidos, reducir costos y tiempos de producción y mejorar la satisfacción del cliente.

La investigación realizada en esta tesis puede contribuir al campo de la ingeniería de producción, específicamente en cuanto a la estandarización y optimización de procesos en una industria automotriz. Los resultados y conclusiones obtenidos pueden ser útiles para otras empresas del mismo sector que enfrentan desafíos similares en sus procesos de producción.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL mediante la elaboración de una metodología que permita registrar y analizar datos de producción, identificar oportunidades de mejora y establecer estándares de calidad y eficiencia

1.3.2 Objetivos Específicos

Realizar un diagnóstico de la situación actual del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL mediante revisión documental, entrevistas y observación directa.

Identificar las principales oportunidades de mejora en el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL respecto a la reducción de tiempos muertos, mejora de productividad identificados mediante indicadores de tiempo

Desarrollar una metodología para la estandarización y optimización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL

Aplicar la metodología desarrollada y evaluar sus resultados, comparándose en un antes y después.

1.4 Preguntas de investigación

1.4.1 General

¿Cuál es la importancia de optimizar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL?

1.4.2 Específicas

¿Cuáles son los principales indicadores de tiempo que se utilizarán para evaluar el proceso actual?

¿Qué enfoques o mejores prácticas se tomarán en cuenta al desarrollar la metodología?

¿Cómo se medirán los cambios en términos de eficiencia y calidad en el proceso de primer montaje?

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances:

El presente estudio tiene como objetivo principal optimizar y estandarizar el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL en la nave de estampado de una armadora automotriz, mediante la elaboración de una metodología que permita registrar y analizar datos de producción, identificar oportunidades de mejora y establecer estándares de calidad y eficiencia.

Para lograr este objetivo, se realizará un diagnóstico de la situación actual del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL mediante la revisión documental,

entrevistas y observación directa. Además, se identificarán las principales oportunidades de mejora en el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL respecto a la reducción de tiempos muertos y mejora de la productividad, identificados mediante indicadores de tiempo.

Se desarrollará una metodología para la estandarización y optimización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL. Luego, se aplicará la metodología desarrollada y se evaluarán sus resultados, comparándose en un antes y después.

1.5.2 Limitaciones:

Es importante mencionar que el presente estudio se enfocará únicamente en la optimización y estandarización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL. Por lo tanto, cualquier mejora o cambio que se requiera fuera de esta área no se considerará dentro de los alcances de este estudio.

Además, debido a limitaciones de tiempo y recursos, la aplicación de la metodología desarrollada se realizará en una única nave de estampado de la armadora automotriz, por lo que los resultados obtenidos podrían no ser generalizables a otras naves o empresas del mismo rubro.

Asimismo, los resultados obtenidos estarán influenciados por factores externos que no pueden ser controlados, como las fluctuaciones en la demanda de producción y las variaciones en las materias primas utilizadas en el proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL.

En resumen, se espera que los resultados obtenidos a partir de este estudio sean útiles para la optimización y estandarización del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL en la nave de estampado de la armadora automotriz, pero se debe tener en cuenta que los resultados y conclusiones obtenidos podrían no ser generalizables a otras naves o empresas del mismo rubro.

Capítulo II

2.1 Marco Teórico

Para la comercialización y consumo de un producto, primero se pasa por una serie de procesos denominado procesos industriales, que abarca desde la obtención y modificación de la materia prima hasta el resultado final destinado a su venta y posterior consumo.

El propósito de los procesos industriales es satisfacer las necesidades del ser humano mejorando su calidad de vida por medio del buen aprovechamiento de los recursos que ofrece la naturaleza y la conversión en productos de buena calidad con resultados consistentes.

La estandarización es un tema importante en la industria manufacturera automotriz, ya que permite establecer normas y procesos comunes para mejorar la calidad de los productos, aumentar la eficiencia en la producción y reducir los costos. En la fabricación de automóviles, el proceso de estandarización se aplica desde la selección y diseño de las piezas, hasta la implementación de los procesos de producción.

En este sentido, algunos autores han destacado la importancia de la estandarización en la industria manufacturera automotriz. Por ejemplo, (Piva & Verti, 2017) indican que la estandarización de procesos es esencial para lograr una producción eficiente y de alta calidad. Asimismo, (Tojib , Sugema, & Triandari, 2018) señalan que la estandarización de procesos y la reducción de la variabilidad son factores críticos para la calidad del producto en la industria automotriz.

Además, existen diversas normas y estándares internacionales que rigen la estandarización en la industria manufacturera automotriz, como la norma ISO/TS 16949:2009, que establece los requisitos del sistema de gestión de calidad en la industria automotriz, y la norma ISO 9001:2015, que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad.

La estandarización de un proceso implica invariablemente una optimización, por lo tanto, el enfoque está directamente relacionado con estas dos palabras:

Trabajo estándar. De acuerdo con (Mor, 2019) se considera una herramienta de suma importancia para poder establecer y determinar los métodos y secuencias más eficientes para cada proceso, de igual manera para cada operador. Todo ello con el fin de disminuir los desechos

Con base en lo que plantea (Saavedra, 2020) la estandarización incrementa la capacidad de producción, lo que se traduce en un impacto económico, punto relevante en un área que se destaca por encima de las demás áreas dentro de una armadora automotriz por el sistema de producción basado en stock, es decir, en un área de

estampado lo que se tiene como prioridad es tener el máximo porcentaje de piezas terminadas en el almacén.

Ayudado de (Sandoval, 2008) el nivel de competencia dentro de la manufactura se incrementa impulsado por la evolución tecnológica, esto exige que se reevalúen los sistemas actuales de manufactura dentro de diversos sectores. Por lo tanto, cualquier optimización referente a procesos más rápidos y eficaces llama la atención para ser competitivo dentro del ramo de en este caso de áreas similares en todo el mundo al tener un proceso optimizado.

Teniendo en cuenta estas tres opiniones expuestas podemos darnos cuenta de que la estandarización sugiere un orden de las actividades y un equilibrio de las habilidades (en este caso) de los grupos de trabajo lo que se traducirá en un incremento de la capacidad productiva sugerida por el nivel de competencias que se presentan en la actualidad

Por el lado de optimización tenemos la idea de (Peña, 2015) quien nos dice que la investigación de operaciones se ha convertido en una herramienta muy utilizada debido a las características que presenta y aclara que la optimización de procesos no implica operar a la máxima capacidad, sino trabajar en el punto que genere la mayor utilidad posible

2.1.1 SMED

Otro término que es conveniente ocupar es el SMED (Single Minute Exchange of Die) que en español significa (Cambio de troquel en 1 minuto). El significado cabe recalcar no es literal ya que un cambio de troquel implica varios factores, no obstante, la historia dice que el SMED nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que se prensaban dado que la preparación de una secuencia de troqueles puede o podía a llegar a ser muy tardada, el Dr. Shigeo Shingo fue quien desarrolló esta técnica y va ligado a la herramienta JIT (Just In Time/ Justo a tiempo) que a su vez se ve inmiscuida en el TPS (Toyota Production System/ Sistema de Producción Toyota).

La técnica SMED trabaja mediante tres áreas

- Capacidad productiva
- Reducción de Stock
- Mejora de Servicio al cliente

Teniendo como conceptos importantes 4 puntos:

- Tiempo de cambio: Tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta la primera pieza OK del producto entrante.
- Preparación: Operaciones para el cambio de referencia, esto es desperdicio necesario ya que se debe realizar la actividad a pesar de que no aporta nada de valor para el cliente
- Preparación Interna: Operaciones de preparación con máquina parada

- Preparación Externa: Operaciones con máquina trabajando

En el caso particular del estudio, el tiempo promedio en un cambio de troquel ronda aproximadamente los 60 minutos, las operaciones que se realizan en el cambio de herramienta consiste en el cambio de troqueles con una grúa de 70 Ton., teniendo al mismo tiempo a un operador que cambia las mecanizaciones de las diferentes partes de la línea; de igual forma, se tiene a un operador precargando la “receta” o el conjunto de curvas de movimiento y datos para que al final de la producción de la herramienta saliente sólo se dé la instrucción de inicio de cambio de herramienta. El paso que la línea realiza en automático para el cambio de herramienta es en promedio de 185 segundos.

Particularmente, el proceso está severamente optimizado para la producción, no obstante, dentro de la optimización del cambio se han encontrado áreas de oportunidad en el apartado de preparación externa referente a un primer montaje ya que no se cuenta como tal una técnica que involucre el SMED en esta parte del proceso de primer montaje de una secuencia de troqueles.

2.1.2 TPS

El TPS (Toyota Production System) se caracteriza por ser conocido también como “Lean” o “Lean Manufacturing” que se traduce en un sistema de tipo “Pull” significado literal de “jalar”, lo cual significa que se produce aquello que se necesita, así se garantiza un flujo continuo y uniforme.

Cabe hacer mención del sistema que Henry Ford implementó y revolucionó la industria automotriz, el sistema de producción en serie. Este sistema obedece a producir sin importar lo que se tenga como pedido, generando eventualmente ante un ritmo bajo de ventas el stock o almacenamiento del producto terminado.

En conclusión, la estandarización es un tema importante en la industria manufacturera automotriz, ya que permite mejorar la calidad del producto, aumentar la eficiencia en la producción y reducir los costos. La aplicación de normas y estándares internacionales es fundamental para lograr una estandarización efectiva y garantizar la calidad del producto en la industria automotriz.

La importancia de los conocimientos y habilidades del personal operativo es fundamental. Por lo tanto, además de mantenerlos informados y promover la discusión de ideas sobre los cambios, es esencial proporcionarles capacitación en estandarización, con el fin de mejorar la forma en que se lleva a cabo el trabajo y garantizar beneficios para todos los involucrados.

La estandarización en los procesos industriales se puede lograr mediante la introducción de modificaciones en el funcionamiento normal de la empresa o fábrica. Esto conlleva numerosas ventajas, como la simplificación de los procedimientos de trabajo, la garantía de alta calidad en la producción, la preservación de la seguridad

de los trabajadores, la prevención de costos elevados de producción y el fomento de la mejora continua.

La combinación balanceada de personal, recursos, equipos y métodos de trabajo es la más acertada para la estandarización en procesos industriales, para realizarlo convenientemente como un método que garantice el éxito de la industria y de sus operaciones. Así, se previene cometer errores, se mide el desempeño y preserva el conocimiento y la experiencia

Como menciona (León, 2022) la estandarización de procesos es una pieza clave para alcanzar buenos resultados; la estandarización se basa en 4 pasos:

- Estandarización de los procesos
- Estabilidad de los resultados
- Sustentabilidad de los resultados
- Mejora continua

Respecto al primer punto se debe implementar un proceso de definición e implementación de diversas herramientas de forma que todos los cambios sean acatados por las operaciones involucradas.

Se deben contemplar las políticas definidas de modo que no se comprometa una directiva impuesta que comprometa algún punto sensible del proceso como el compromiso de la integridad de un colaborador. Se deben tener en cuenta la claridad y detalle de los procedimientos y esto permitirá que los resultados se vean reflejados independientemente de quien ejecute la actividad o proceso estandarizado.

Está claro que la estandarización repercute de forma directa en los KPI's, los cuales se deben tener bajo control mediante una revisión frecuente para garantizar la productividad del área involucrada.

El significado de la estandarización de un proceso significa que los colaboradores tienen un proceso establecido y aprobado para usar; las consecuencias directas son:

- Disminuir la ambigüedad, promover la claridad y eliminar confusiones
El proceso estandarizado eliminará la necesidad de conjeturas o búsquedas adicionales. Un ejemplo claro es cuando hay nuevos colaboradores donde generalmente se capacitan a través de colaboradores de más experiencia, por naturaleza los errores surgirán conforme avanza el proceso de aprendizaje, por lo tanto, al tener un estándar en el proceso estos errores de verán minimizados al tener un camino claro de lo que se debe de hacer.
- Garantizar la calidad
Este punto va en correspondencia a que el producto final salga con los parámetros requeridos por el cliente, por lo tanto, se deben conocer las formas de abordar diferentes problemáticas que surgen conforme el proceso avanza.

- Impulsar la productividad
Se pretende que el colaborador al participar en un proceso estandarizado pueda minimizar los recursos que se ocupan y por ende pueda enfocar la mente y energía para completar de mejor forma la actividad que está realizando
- Aumentar la moral de los colaboradores que están involucrados.
Los integrantes del equipo se sentirán satisfechos por haber dominado el proceso y potenciado sus habilidades. La estandarización no tiene por qué significar una monotonía aburrida y falta de creatividad

Si los procesos se rigen por estándares que enseñan a los colaboradores a realizar un trabajo eficiente y de alta calidad, es más probable que los colaboradores se sientan dueños y se enorgullezcan del trabajo que realizan. En lugar de incertidumbre e ineficiencia, el colaborador tendrá una forma prescrita de efectuar sus tareas asignadas que realmente funciona. Es probable que el resultado sea una mayor moral de los empleados.

Si el proceso estandarizado es eficiente, evita frustraciones innecesarias y guía a los colaboradores para lograr algo significativo y valioso, los colaboradores tendrán todas las razones para enorgullecerse del trabajo que están haciendo.

La optimización de procesos en la industria manufacturera ha sido un tema de interés durante décadas, lo que ha llevado al desarrollo de una gran cantidad de métodos y herramientas para mejorar la eficiencia y calidad de los procesos.

2.1.3 Más Métodos de Optimización

Entre los métodos más utilizados para la optimización de procesos se encuentran: el Lean Manufacturing, Six Sigma, la Teoría de Restricciones (TOC), la Mejora Continua, y la gestión de procesos de negocio (BPM, por sus siglas en inglés). Cada uno de estos métodos tiene sus propias características, técnicas y herramientas, pero todos ellos comparten el objetivo común de mejorar la eficiencia y calidad de los procesos.

Por ejemplo, el Lean Manufacturing se enfoca en la eliminación de desperdicios y la maximización del valor para el cliente, mientras que Six Sigma busca reducir la variabilidad del proceso y mejorar la calidad del producto o servicio. La TOC, por otro lado, se enfoca en identificar y resolver las restricciones que limitan la eficiencia del proceso, mientras que la Mejora Continua se enfoca en la identificación y eliminación de los problemas del proceso de manera constante. Finalmente, la BPM se enfoca en la gestión integral de los procesos para lograr la optimización y mejora continua.

En cuanto a las herramientas utilizadas para la optimización de procesos, se pueden mencionar el análisis de Pareto, los diagramas de Ishikawa o espina de pescado, el

mapeo de procesos, el análisis de valor agregado, el diseño de experimentos, la simulación de procesos, entre otros.

En conclusión, la optimización de procesos en la industria manufacturera es amplia y variada, y existen diversos métodos y herramientas disponibles para mejorar la eficiencia y calidad de los procesos. Es importante que los encargados de la optimización de procesos en la industria manufacturera se mantengan actualizados sobre los avances y mejores prácticas en este campo, para lograr una operación más eficiente y competitiva.

Se tienen diversos casos de éxito en cuanto a la estandarización y optimización de procesos dentro de la industria automotriz, analizaremos cuatro de ellos.

1. Toyota

La filosofía de producción de Toyota, conocida como Toyota Production System (TPS), ha sido un modelo para la estandarización y optimización de procesos en la industria automotriz. El TPS se enfoca en la eliminación de desperdicios y la mejora continua, y ha permitido a Toyota ser una de las compañías más eficientes y rentables del sector.

Las ideas principales que se pueden encontrar respecto al TPS son muy variadas, donde se destaca el JIT, trabajo en equipo, mejora continua, diseño de producto, gestión visual, enfoque al cliente, gestión de la cadena de suministro, identificación de los tipos de desperdicio, importancia del flujo de proceso y el papel del empleado en el proceso.

El TPS tiene dos pilares: el JIT (Just in Time – Justo a Tiempo) y la autonomía o automatización con toque humano.

El JIT (Ohno, 1988) tiene la esencia de ocupar las partes que se necesitan en el momento que se deben ocupar teniendo como objetivo tener nulo stock, está claro que, al ensamblar un vehículo, es una tarea titánica tener el control de miles de piezas. El TPS se enfoca entonces en establecer prioridades en cuanto a las autopartes de las cuales se pueda tener mayor control.

El segundo pilar bautizado por Ohno como “Autonomación” es la combinación de la automatización con toque humano, está claro que las máquinas pueden operar sin la intervención de un humano, sin embargo, hay condiciones que no se pueden prever como la caída de scrap/retal de un troquel, por lo que se necesita la supervisión de un operador para poder evitar un daño al troquel, a la pieza o a la prensa. Es importante señalar que, para procurar la integridad del operador, se han adecuado e implementado diversos mecanismos de seguridad para protección del ser humano que lleva a cabo la actividad

No obstante, se han implementado de la misma forma dispositivos de seguridad para que cuando se detecte alguna anomalía en el proceso la máquina pare el proceso

y el operador pueda analizar cuál fue la causa del paro, por ello es por lo que en este sentido se le está dando autonomía a la máquina.

Esta combinación de dispositivos de seguridad para el proceso y la seguridad del operador hace que el colaborador sea capaz de poder hacerse cargo del correcto funcionamiento de varias máquinas.

Otro factor que es relevante en el TPS es el poder individual del colaborador y eventualmente el trabajo en equipo donde Ohno enfatiza que un equipo ganador debe combinar trabajo en equipo con habilidades individuales, el tema trata de la combinación del poder humano con el poder de las máquinas, la sinergia que se debe lograr entre los dos pilares del TPS.

La mejor continua también se promueve, el sistema de producción de Toyota se enfoca en la mejora continua de los procesos y el incremento de la eficiencia. Esto implica la identificación constante de oportunidades de mejora y la implementación de soluciones innovadoras

De igual forma, se hace la mención de la importancia del diseño de los productos, Toyota enfatiza la importancia del diseño de los productos, que debe ser flexible para adaptarse a las necesidades cambiantes de los clientes y al mismo tiempo, mantener una alta calidad.

Las herramientas y técnicas de mejora continua se han presentado en Toyota con una amplia variedad para mejorar la eficiencia de los procesos, entre ellas se destacan: el Kanban, el sistema Andon, el Poka-Yoke, la matriz de flujo de proceso, la VSM (Value Stream Mapping) y el Kaizen.

EL Kanban de forma resumida se centra en proveer información del transporte, de la parte que se encuentra en producción, previene sobreproducción y transporte excesivo y revela problemas de inventario. Básicamente, es una forma de comunicación directa puesta en algún punto visible.

El Poka-Yoke o en un inicio denominado Baka-Yoke es la ayuda obvia que el proceso nos da a entender que algo no anda bien, ejemplificándolo al ensamble de algo, el Poka-Yoke es el encargado de decirnos que el ensamble previo no está bien al no poder ensamblar las piezas siguientes, es la condición faltante de una máquina para iniciar el proceso en automático debido a que hay algo que reparar o atender.

El sistema Andon se refiere al indicador del estado de línea refiriéndose a colores, donde el verde se refiere al estado OK del proceso, ocupando el amarillo para cuando el colaborador llama por ayuda y la luz roja ocupándose para cuando la línea para para corregir algún problema.

La matriz de flujo de proceso

En este sentido, la filosofía del TPS recae en que el flujo continuo es un elemento presente debido a que se busca conseguir una mejor calidad al menor precio y en el

menor tiempo posible (Amborio, López Quintana, Mata Anaya, Mujica Morales, & Pérez Chávez, 2019).

La matriz de flujo de proceso es una herramienta utilizada en el TPS (Sistema de Producción Toyota) para analizar y optimizar el flujo de trabajo en un proceso de producción. Esta herramienta se utiliza para identificar los diferentes pasos en el proceso y visualizar la relación entre ellos.

La matriz de flujo de proceso consiste en una tabla con las siguientes columnas:

- Operación: se describe cada una de las operaciones o pasos en el proceso.
- Flujo de materiales: se identifican los materiales necesarios para cada operación.
- Flujo de información: se describe la información necesaria para realizar cada operación, como instrucciones de trabajo, especificaciones técnicas, entre otros.
- Responsable: se identifica quién es el responsable de realizar cada operación.
- Tiempo de ciclo: se establece el tiempo necesario para completar cada operación.
- Tiempo de espera: se identifica el tiempo que se espera entre cada operación.
- Tiempo de movimiento: se establece el tiempo necesario para mover los materiales entre cada operación.

Al completar la matriz de flujo de proceso, se puede identificar y eliminar las ineficiencias en el flujo de trabajo y reducir el tiempo de ciclo total del proceso. Esto a su vez, mejora la calidad del producto, reduce los costos y aumenta la eficiencia en la producción.

La matriz de flujo de proceso se enfoca en el flujo de materiales y la secuencia de procesos en un área específica de la fábrica. Se utiliza para identificar el flujo de materiales y las oportunidades de mejora en el proceso de producción. La matriz se compone de tres elementos: operaciones, inspecciones y transporte. Cada uno de estos elementos se clasifica en función del tiempo que tardan, y se identifican las operaciones de valor agregado y las operaciones que no lo son. La matriz se utiliza para analizar los tiempos de ciclo y para identificar oportunidades de mejora.

2.1.4 La VSM (Value Stream Mapping)

El Value Stream Mapping es una herramienta que se utiliza para mapear el flujo de materiales e información de principio a fin en todo el proceso de producción. El VSM se utiliza para identificar oportunidades de mejora en todo el proceso, desde la adquisición de materiales hasta la entrega del producto terminado. El VSM es una herramienta visual que muestra el flujo de materiales y la información a lo largo del proceso de producción, y se utiliza para identificar y eliminar el desperdicio en el proceso.

Es una de las metodologías clave para establecer una imagen estructurada de los flujos de material e información en un proceso productivo; nos permite identificar la situación actual del sistema productivo.

En palabras de (Medina, 2022), el conocimiento en detalle de estos flujos de material e información posibilita la detección de desperdicio y cuellos de botella y nos ayuda a detectar oportunidades de mejora en nuestra cadena de valor.

Algunos beneficios de implementar el VSM son:

- Identificar el flujo que lleva cada etapa del proceso
- Detección de desperdicios haciendo énfasis en su ubicación dentro del proceso
- Al tener información precisa, se fomentan las propuestas de mejora a través de la comunicación
- Comprender los flujos de información y materiales, evitando ineficiencias en el proceso

Es importante recalcar que el VSM no es aplicable en estos criterios:

- Análisis y mejora de problemas de calidad
- Reducción de tiempos de parada de máquina
- Aumento de motivación del personal
- Análisis de procesos en áreas indirectas al proceso o de soporte

Pareciera ser que el VSM y la matriz de flujo de proceso son lo mismo, sin embargo, el Value Stream Mapping es una herramienta que se utiliza para mapear el flujo de materiales e información de principio a fin en todo el proceso de producción. El VSM se utiliza para identificar oportunidades de mejora en todo el proceso, desde la adquisición de materiales hasta la entrega del producto terminado. El VSM es una herramienta visual que muestra el flujo de materiales y la información a lo largo del proceso de producción, y se utiliza para identificar y eliminar el desperdicio en el proceso.

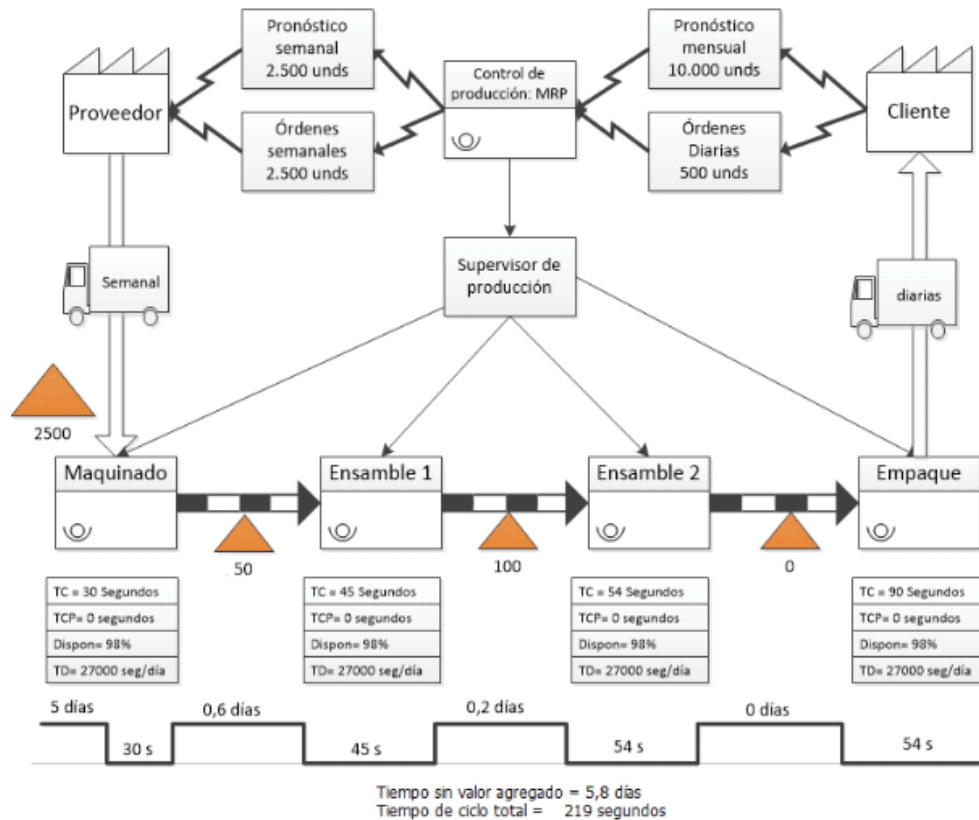


Ilustración 4 Ejemplo de un mapa de flujo de valor (VSM) (Salazar López, 2019)

La mejora continua en el TPS se le conoce como Kaizen que se descompone en dos partes: “bueno” y “cambio” y esto es el sistema de mejora continua en el que las pequeñas mejoras, pero constantes se van acumulando para así dar grandes beneficios a largo plazo

La gestión visual es una herramienta fundamental en la filosofía de mejora continua de Toyota. A través de la implementación de técnicas visuales, como los tableros Kanban y las gráficas de control, se logra crear un ambiente de trabajo en el que la información es clara y accesible para todos los trabajadores.

La información visual ayuda a los trabajadores a comprender mejor los procesos, identificar rápidamente cualquier problema y tomar medidas inmediatas para resolverlo. Además, la gestión visual promueve la comunicación efectiva y la colaboración entre los equipos de trabajo, lo que resulta en una mayor eficiencia y productividad. En Toyota, la gestión visual es una práctica diaria que se utiliza en todas las áreas de la empresa para asegurar la eficacia y la calidad en la producción. Al enfatizar la importancia de la gestión visual, Toyota logra mantener a todos los miembros del equipo involucrados y comprometidos con la mejora continua.

La identificación de los tipos de desperdicio igual es esencial para saber hacia dónde se tienen que enfocar los esfuerzos para tener un proceso más esbelto, el TPS

identifica siete: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesamiento, inventario, movimiento innecesario y defectos.

A continuación, se detallan los siete tipos de desperdicio identificados por el Toyota Production System:

1. **Sobreproducción:** este tipo de desperdicio ocurre cuando se produce más de lo que se necesita, antes de que se necesite o en una cantidad mayor a la requerida. La sobreproducción puede generar una serie de problemas como mayores costos de producción, mayores niveles de inventario, menor flexibilidad y capacidad de respuesta y aumento en los tiempos de espera.
2. **Tiempo de espera:** este tipo de desperdicio ocurre cuando el flujo de trabajo se detiene debido a la falta de materias primas, herramientas, instrucciones, personal, maquinaria u otros recursos necesarios para completar una tarea. El tiempo de espera puede causar retrasos en la producción, aumento de los tiempos de espera y disminución de la eficiencia general del sistema.
3. **Transporte:** este tipo de desperdicio se refiere a cualquier movimiento innecesario de materiales, productos, herramientas, personas o información. El transporte innecesario puede aumentar los tiempos de espera, aumentar los costos de transporte y aumentar el riesgo de daños o pérdidas de materiales.
4. **Exceso de procesamiento:** este tipo de desperdicio ocurre cuando se utilizan más recursos de los necesarios para completar una tarea, como tiempo, materiales o mano de obra. El exceso de procesamiento puede aumentar los costos de producción y disminuir la eficiencia general del sistema.
5. **Inventarios:** este tipo de desperdicio se refiere a cualquier exceso de material, producto en proceso o producto terminado que no se necesita en ese momento. El inventario excesivo puede aumentar los costos de almacenamiento y manejo, disminuir la flexibilidad y capacidad de respuesta y aumentar el riesgo de obsolescencia o pérdidas.
6. **Movimiento innecesario:** este tipo de desperdicio se refiere a cualquier movimiento innecesario de personas o máquinas durante el proceso de producción. El movimiento innecesario puede aumentar el tiempo de procesamiento, aumentar el riesgo de lesiones o accidentes y disminuir la eficiencia general del sistema.
7. **Defectos:** este tipo de desperdicio se refiere a cualquier producto o servicio que no cumple con los requisitos de calidad establecidos. Los defectos pueden aumentar los costos de producción y disminuir la satisfacción del cliente.

Un ejemplo concreto de la implementación del TPS en una de las plantas de Toyota es el que se presentó en Georgetown, Kentucky en Estados Unidos. Esta planta ha logrado una eficiencia y calidad en la producción impresionante utilizando los principios del TPS.

En Georgetown, se han implementado técnicas como la gestión visual, la estandarización, el kaizen y el kanban, entre otras. Se han utilizado herramientas como el Value Stream Mapping para identificar y eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia del proceso.

La implementación del TPS en Georgetown ha llevado a la reducción de costos, aumento de la calidad y mejora en la satisfacción del cliente. Se ha convertido en un ejemplo a seguir para otras plantas de Toyota en todo el mundo.

Basta con comentar que esta planta después de la implementación del TPS tarda sólo 20 horas en fabricar en modelo Camry.

2. General Motors

En 2015, General Motors implementó una iniciativa de estandarización global en sus fábricas de todo el mundo. La iniciativa incluyó la adopción de procesos estandarizados y herramientas de gestión de procesos, lo que permitió a la compañía mejorar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad de sus productos.

A mediados de los 90's, se lanzó una iniciativa de estandarización global, denominada Global Manufacturing System (GMS), con el objetivo de mejorar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad de sus productos. El enfoque de la iniciativa era estandarizar procesos y herramientas de gestión en todas las plantas de GM en todo el mundo.

La implementación del GMS implicó la adopción de una variedad de herramientas y técnicas, incluyendo el Lean Manufacturing, el Total Productive Maintenance (TPM) y la gestión visual. Además, se estableció un sistema de auditoría para asegurar que las plantas cumplieran con los estándares de GMS y para identificar oportunidades de mejora.

Según GM, la implementación del GMS ha llevado a una mejora significativa en la eficiencia y calidad de sus operaciones de fabricación. En particular, la empresa ha informado de una reducción del 50% en los defectos de calidad y una reducción del 30% en los costos de garantía desde el inicio de la iniciativa. También se ha informado de una mejora en la productividad y una reducción en los tiempos de ciclo.

La historia en GM al ser una empresa situada y originaria de EE. UU. se basa en la no cooperación de los colaboradores y Toyota entra para poder aplicar su TPS, al ser una sinergia de dos culturas, el TPS no se logra llevar a cabo por completo, teniendo

como resultado el GMS, sistema que sirvió para que GM superara serios problemas que afrontaba y que parecían difíciles de afrontar (Cuevas, 2013)

3. BMW

En su fábrica de Dingolfing, BMW implementó un programa de mejora continua que incluyó la estandarización de procesos, la capacitación de empleados y el uso de herramientas de análisis de datos para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de producción. Como resultado, la compañía logró una reducción significativa en los costos de producción y una mejora en la calidad de sus vehículos.

Para ello, se utilizaron herramientas y técnicas del TPS, incluyendo la aplicación de los principios de flujo continuo y producción just-in-time, la eliminación de procesos innecesarios y la estandarización de procesos. Además, se involucró a los empleados en el proceso de mejora continua, fomentando la colaboración y el trabajo en equipo.

Como resultado de esta iniciativa, se logró una reducción del tiempo de ciclo en un 50%, una reducción del inventario en un 60%, una reducción de los costos de producción en un 30% y una mejora en la calidad de los productos fabricados.

La estrategia se implementó en el año 2017, teniendo como resultados inmediatos el récord de producción de esta planta con 376 580 vehículos ensamblados.

4. Volkswagen

En su planta de Chattanooga, Volkswagen implementó un programa de mejora continua que incluyó la estandarización de procesos, la capacitación de empleados y la implementación de herramientas de análisis de datos en tiempo real. Como resultado, la compañía logró reducir el tiempo de ciclo de producción y mejorar la calidad de sus vehículos.

Fue en 2014 donde se implementó un programa de mejora continua, conocido como el "Programa de Excelencia" en 2014. El objetivo del programa era mejorar la eficiencia y la calidad de la producción mediante la estandarización de procesos, la capacitación de empleados y la implementación de herramientas de análisis de datos en tiempo real.

El programa incluyó la creación de equipos de trabajo dedicados a mejorar la calidad y la eficiencia en cada área de la planta, desde el ensamblaje hasta la pintura y la fabricación de motores. Estos equipos trabajaron en estrecha colaboración con los empleados de la línea de producción para identificar y resolver problemas, así como para estandarizar los procesos.

Además, se implementaron herramientas de análisis de datos en tiempo real para monitorear y mejorar la eficiencia de la producción. Estas herramientas permitieron a los equipos de trabajo detectar rápidamente los problemas y tomar medidas

correctivas antes de que pudieran afectar la calidad o la eficiencia del proceso de producción.

Como resultado de estas iniciativas, Volkswagen Chattanooga logró reducir el tiempo de ciclo de producción y mejorar la calidad de sus vehículos. En 2016, la planta recibió el premio "Planta de Plata" de la revista Plant Engineering en reconocimiento a sus logros en la mejora continua.

Como podemos observar, la influencia que ha tenido el TPS a nivel mundial ha sido abrumadora, ya que diferentes marcas han adoptado al menos de forma parcial sus principios para poder aumentar la productividad y reducir los costos que surgen a través de los diferentes tipos de desperdicio que se explicaron anteriormente.

En conclusión, la filosofía y herramientas del TPS han tenido un gran impacto en la industria automotriz y han sido adoptadas por muchas empresas para mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad. La estandarización y optimización de procesos, la eliminación de desperdicios y la mejora continua son pilares fundamentales del TPS, y han demostrado ser efectivos en la reducción de costos, el aumento de la productividad y la mejora de la calidad en la fabricación de vehículos. La implementación exitosa del TPS ha permitido a las empresas automotrices adaptarse a un entorno altamente competitivo y responder a las cambiantes necesidades y expectativas de los clientes.

2.1.5 Era Tecnológica

Actualmente con la llegada de la era tecnológica, para la optimización y estandarización de procesos podemos disponer de varias herramientas como:

- Software de gestión de procesos: existen herramientas informáticas que permiten documentar y estandarizar los procesos de una organización, como por ejemplo Microsoft Visio, Bizagi, ARIS, entre otros.

El software de gestión de procesos (BPM, por sus siglas en inglés) es una herramienta que permite a las organizaciones modelar, automatizar y monitorear sus procesos empresariales. Estos sistemas se utilizan para mejorar la eficiencia y la calidad de los procesos, así como para asegurar el cumplimiento normativo y la consistencia en la toma de decisiones.

Existen varias soluciones de software de BPM en el mercado, cada una con características y funcionalidades específicas. Algunas de las características comunes incluyen la capacidad de modelar y diseñar procesos, la automatización de flujos de trabajo, la gestión de tareas y la integración con otros sistemas empresariales.

Los beneficios de utilizar un software de BPM incluyen la mejora de la eficiencia y la productividad, la reducción de los errores y la variabilidad en

los procesos, la mejora de la visibilidad y la transparencia, y la capacidad de respuesta más rápida a los cambios en el entorno empresarial.

- Herramientas Lean: dentro de las herramientas lean se encuentran herramientas como el 5S, Kanban, TPM (Mantenimiento Productivo Total) y SMED (Cambio rápido de herramientas), que permiten mejorar la eficiencia de los procesos y reducir el desperdicio. Estas herramientas ya se explicaron anteriormente
- Tecnología de automatización: la automatización de procesos mediante el uso de tecnologías como la robótica, el Internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA), puede ayudar a estandarizar los procesos y mejorar la eficiencia y calidad.

La robótica se refiere al diseño, construcción y operación de robots. Los robots pueden ser programados para llevar a cabo una variedad de tareas, desde tareas repetitivas en una línea de producción hasta tareas más complejas en entornos peligrosos o inaccesibles para los humanos. En la industria automotriz, los robots se utilizan ampliamente en la fabricación de vehículos, desde la soldadura de carrocerías hasta la instalación de componentes electrónicos y de seguridad.

Asimismo, el IoT (Internet of Things) se refiere a la conexión de dispositivos, vehículos y otros objetos a través de internet, lo que permite la recopilación y análisis de datos en tiempo real. En la industria automotriz, el IoT se utiliza para monitorear y controlar la producción en tiempo real, lo que permite una mayor eficiencia y una mejor toma de decisiones.

Por último, la IA se refiere a la capacidad de las máquinas para aprender y realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia humana. En la industria automotriz, la IA se utiliza para la planificación de la producción, el mantenimiento predictivo de maquinaria y la optimización de procesos de fabricación. Por ejemplo, la IA puede utilizarse para analizar grandes cantidades de datos de producción y hacer recomendaciones para mejorar la eficiencia y reducir los costos.

- Herramientas de análisis de datos: el uso de herramientas de análisis de datos en tiempo real, como los sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) y los sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), pueden ayudar a identificar problemas en los procesos y optimizarlos.

El MES (Manufacturing Execution System) es una herramienta de software que se utiliza para recopilar y analizar datos en tiempo real sobre el rendimiento de la producción en una planta de fabricación. El sistema MES se utiliza para recopilar datos sobre la producción, el inventario, la calidad, la eficiencia y otros aspectos relevantes para la gestión de la producción. Estos datos se utilizan para tomar decisiones informadas sobre cómo mejorar los procesos de producción y aumentar la eficiencia.

Por otro lado, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) es un sistema de control de supervisión y adquisición de datos que se utiliza para monitorear y controlar procesos industriales y de producción. SCADA es un sistema basado en software y hardware que se utiliza para recopilar datos de sensores y dispositivos de control y enviarlos a un software de supervisión centralizado. El sistema SCADA también puede utilizarse para controlar procesos y dispositivos en tiempo real.

Ambos sistemas son fundamentales para el control y la optimización de los procesos de producción en tiempo real. Permiten a los gerentes y supervisores de producción monitorear el rendimiento de la producción, detectar problemas y tomar medidas correctivas rápidamente. Además, la información recopilada por estos sistemas puede ser analizada y utilizada para mejorar los procesos de producción y aumentar la eficiencia en la fábrica.

Estas herramientas se han creado con el fin de poder mejorar un proceso productivo de forma más eficaz identificando como sustento base las ideologías planteadas en el TPS.

De igual forma, se debe analizar los factores críticos que existen en el camino de la estandarización, aquí se incluyen:

- Compromiso de la alta dirección: La alta dirección de la organización debe estar comprometida con el proceso de estandarización y debe demostrar su apoyo a través de la asignación de recursos, la definición de objetivos claros y la comunicación efectiva con el personal de la empresa.
- Capacitación del personal: La capacitación es esencial para garantizar que todos los empleados comprendan los estándares y los procesos definidos. Los trabajadores deben conocer los procedimientos y estar capacitados para aplicarlos de manera efectiva.
- Medición y seguimiento de la efectividad de la estandarización: Es necesario medir y monitorear el desempeño de los procesos para asegurarse de que se estén cumpliendo los objetivos y logrando mejoras. Esto también ayuda a identificar áreas de mejora continua.
- Comunicación efectiva: La comunicación efectiva es fundamental para el éxito de la estandarización. Todos los empleados deben estar informados y

actualizados sobre los cambios y mejoras en los procesos, y deben tener la oportunidad de proporcionar retroalimentación.

- Uso de tecnología: La tecnología puede ayudar en la estandarización de procesos al automatizar tareas y al proporcionar herramientas para el análisis y la mejora continua.
- Mejora continua: La estandarización no es un proceso estático y se deben buscar oportunidades de mejora continua. La retroalimentación de los empleados y la medición del desempeño pueden ayudar a identificar áreas de mejora.

En resumen, la implementación exitosa de la estandarización requiere un compromiso de la alta dirección, la capacitación adecuada del personal, la medición y seguimiento de la efectividad, la comunicación efectiva, el uso de tecnología y la mejora continua. Todos estos factores deben trabajar en conjunto para garantizar una implementación efectiva y sostenible de la estandarización en una organización.

Capítulo III

3.1 Escenario Inicial

3.1.1 Generalidades

En el presente caso de estudio, la línea de prensas PXL que se encuentra en la planta armadora de San José Chiapa, consta de tres partes principales FOL, Línea y EOL, tiene una velocidad máxima de 17 golpes por minuto con un tiempo de cambio de troquel de 3:30 minutos promedio, es una de las máquinas más modernas en el mundo y quizá la más moderna del continente americano, la empresa fabricante es Schuler y cabe mencionar que, gracias a la tecnología de servomotores la línea PXL no tiene un volante de inercia como el que ocupan líneas “similares” GRS que se ocupan en la armadora que se encuentra en el municipio de Cuautlancingo.

Las actividades que se realizan para el correcto funcionamiento de la línea PXL son:

Alimentación de material: La persona encargada de esta actividad es la responsable de alimentar material a la línea de prensas, así como de identificar el material que se debe bloquear por alguna razón, así también debe estar al pendiente de cualquier anomalía relacionada al material productivo.

Grúa: La actividad se refiere al traslado de troqueles de la línea de producción al almacén y viceversa, así como la descarga de bobinas/rollos de material para la cortadora cuando la línea de corte no cuente con personal, generalmente en el tercer turno.

Mecanización; Se refiere a la preparación de la secuencia que entrará próxima a producir, así como el obvio desmontaje de la secuencia que se debe enviar al almacén, es la preparación de las mecanizaciones de los robots, alimentadores que la secuencia ocupa y la puesta de mangueras neumáticas que los troqueles siguientes requieren para su correcto funcionamiento.

Cuidado de la línea: Es traducido al correcto funcionamiento de la línea en automático, cualquier anomalía se debe atender ya que la línea para ante cualquier falla que pueda afectar su integridad o la de algún troquel o feeder, de igual forma se debe atender fallas de calidad en primera instancia antes de llamar a personal de taller de troqueles o mantenimiento.

No obstante, el presente trabajo se refiere a la actividad primordial que antecede al funcionamiento en automático del proceso de formado de una pieza: el primer montaje

Un primer montaje de una secuencia de troqueles significa programar todos los componentes de la línea PXL para poder funcionar en automático, empezando por el alimentador de platina (FOL) que es el encargado así como su nombre lo indica de llevar platina por platina desde el paquete hasta el punto de toma del primer alimentador (Feeder) para su prensado en la primer estación; la programación de los Feeders y las prensas empieza antes desde la descarga de sus curvas de movimiento, conforme va avanzando la pieza su forma se ve modificada al pasar de estación en estación; por último se encuentra el descargador (EOL) el cual se encarga de depositar las piezas ya terminadas mediante robots que orientan la correcta

posición de la pieza en la banda de salida para que posteriormente se empaquen en sus correspondientes racks, tinas, contenedores, etc.

3.1.1.1 FOL

El alimentador de platina o Front Of Line (FOL) es el comienzo de la línea PXL, consta de cadenas transportadoras para el traslado de pallets; 4 robots (2 desapiladores y 2 centradores) que ocupan mecanizaciones (tubos de aluminio con ventosas y cilindros neumáticos para los desapiladores en piezas de aluminio); una unidad de desapilado que cuenta con unidades elevadoras que sirven para que los pallets con platinas puedan ir a una posición donde los robots desapiladores puedan alcanzar el material y seguir con el proceso, imanes para platinas de acero con sopladores para material de aluminio afín de encajonar el material y que éste no se desplace para que igual el robot desapilador pueda tomar la lámina sin problema; bandas de transporte con el fin de trasladar la platina; unidad de rociado (lubricadora) para esparcir aceite en la platina con el fin de ayudar con el proceso de embutido y evitar adelgazamientos en la pieza procesada; una unidad de lavado (lavadora) que se encarga de "limpiar" la platina a través de rodillos que quitan finas partículas y evitar que éstas se proyecten en la pieza estampada; por último el FOL consta de una unidad de centrado de platina que funciona a través de una cámara la cual mediante una comparación entre mediciones manda señales para que el robot desapilador calcule el movimiento que debe hacer con el fin de que la platina tenga la correcta posición y así la platina adopte la posición que debe tener al momento de entrar al primer troquel.

En el alimentador de platina, la programación empieza desde las medidas que debe tener el paquete de platinas para evitar una colisión con el punto de desapilado; en el punto de desapilado se programan los imanes/sopladores que llevará la lámina afín de que el robot desapilador pueda tomar la lámina sin mayor inconveniente.

Los robots también llevan su programación al teachear todos los puntos de movimiento que lleva su programa, la revisión de los puntos garantiza que no haya colisión con el punto de desapilado y la banda de transporte o lavadora. Las bandas de transporte también se programan ya que deben estar a una abertura precisa para que los sensores de presencia detecten de forma óptima la posición de la platina.

Después está la programación de los robots centradores, son similares a los desapiladores y aquí se busca una posición en la que no se interfiera con la cámara de centrado; la cámara de centrado es de lo más complejo en este proceso ya que se tienen que configurar puntos en los que la cámara comparará la posición real contra el "debe" mandando una señal a los robots centradores para dejar la platina en la posición correcta, la señal depende además de los puntos de programación de grupos de vectores para que la cámara mande varias señales al mismo tiempo.

Se tienen dos seguridades para evitar que se vayan dos láminas hacia la primera prensa, de éstas, una se tiene que programar, aunque es tarea de mantenimiento, producción se encarga de los movimientos de robots para la programación del sensor de doble platina.

3.1.1.2 Línea

Es importante mencionar que, en este rubro, la línea PXL se divide en dos componentes principales: Feeders y Prensas

3.1.1.2.1 Feeders

Dentro de la línea tenemos dos componentes principales, el primero de ellos por orden de aparición son los Feeders, se cuenta con 7 alimentadores/feeders numerados desde el cero y hasta el seis, los cuales esencialmente son brazos robóticos que constan de 8 ejes, la función de éstos es el traslado de la platina/pieza desde la última banda de transporte del FOL, pasando prensa por prensa y depositándola en el Shuttle (EOL) o bien directo en las bandas de salida, éstos feeders ocupan mecanizaciones para el traslado de las piezas, las mecanizaciones/toolings así como se describió brevemente con los robots del FOL son tubos de aluminio que constan de ventosas y conexiones neumáticas, los toolings funcionan con vacío para que el Feeder pueda tomar la pieza y así sea capaz de trasladarla a la siguiente operación del proceso

La programación de su primer montaje empieza con la descarga de la curva de movimiento, se asegura que ésta cumpla físicamente con su función al evitar colisión con alguna parte del troquel, en caso de alguna colisión u optimización se debe programar el nuevo movimiento o coordenadas de alguna posición en específico

3.1.1.2.2 Prensas

La línea tiene 6 prensas, la primera tiene un tonelaje de 2100 T y las demás de 1200 T, la novedad respecto a otras líneas de prensas es que éstas cuentan con servomotores lo que permite el manejo independiente de cada una, así como la comodidad de poderla mover hacia atrás sin necesidad de esperar que el volante de inercia deba parar su marcha para poder hacer el movimiento inverso.

La primera prensa que generalmente es la ocupada para el proceso de embutido, consta de 8 puntos independientes para un mejor proceso de embutición, el cojín de embutido funciona a través de la hidráulica ya que se manejan presiones bastante altas, suficientes para el correcto formado de la pieza, las demás prensas tienen un cojín de émbolo neumático, este cojín es similar al de embutido salvo la diferencia de que el primero está en la parte inferior y esté neumático en la parte superior.

Respecto al primer montaje, al igual que los feeders se descarga su curva de movimiento, además se revisan varios parámetros como la altura que tienen para que con base en eso se obtenga la fuerza de prensado deseada por el fabricante de la secuencia de troqueles, así también se revisan parámetros que le ayudan a la prensa a no sufrir algún daño a mediano plazo como el peso de la parte superior del molde así como la fuerza del cojín que debe ejercer para que la pieza salga con las características dimensionales adecuadas, de igual forma se revisan que los sensores de presencia de pieza estén correctamente programados para asegurar el correcto prensado de la pieza, por último se checan las levas que ayudan a la apertura/cierre de válvulas de aire que accionan aditamentos neumáticos en el troquel como grippers, carros de trabajo, succión, etc.

3.1.1.3 EOL

Quizá esta sea la parte más sencilla pero no por ello menospreciada del proceso, la última parte de la línea contiene una base (Shuttle) la cual se encarga de recibir la pieza del último Feeder y trasladarse mediante dos ejes, uno lineal (X) y uno de giro (C) para que los robots descargadores tomen la pieza, el Shuttle es básicamente un bastidor donde en la preparación del siguiente molde se montan insertos los cuales tienen la forma de la pieza que se va a producir y por ende depositar. Los robots descargadores se encargan de tomar la pieza en el Shuttle para poder depositarla en la banda de salida y así que ésta avance y los colaboradores puedan hacer la revisión de calidad y su posterior empaque

En la descarga de pieza que es opcional para algunos números de parte, se pueden llegar a ajustar insertos que sirven como base para que asiente la pieza para que los robots de descarga puedan tomarla para posteriormente depositarla en la banda de salida. Así como los robots de desajuste en el FOL, los robots de EOL se deben programar punto por punto.

También se deben programar los datos en el EOL, como los sensores de presencia de pieza que se ocuparán, la selección de si se va a ocupar el EOL o no, el movimiento del Shuttle, lineal o lineal con giro y los datos de la banda de salida donde lo más importante es el avance que llevará una vez que la pieza sea depositada.

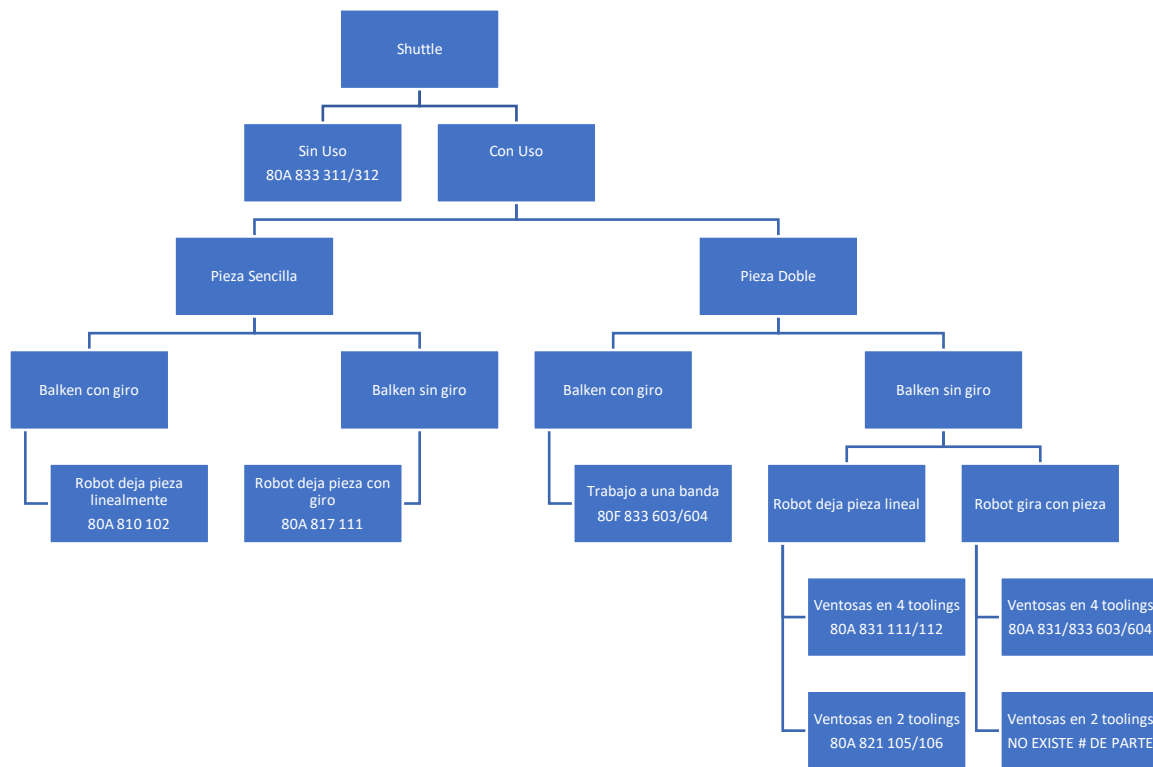


Ilustración 5 Diagrama de operación y disposición del EOL en la línea de prensas PXL

3.1.2 Procesos para Primer montaje

La metodología existente antes de la propuesta del presente proyecto era definida por cada grupo de trabajo, es decir, cada grupo de trabajo de los tres que existen definían cómo

trabajar, no obstante, muchas veces el coordinador (Gruppen Leiter) era quien acomodaba a la gente. En cierta parte del proceso resaltaba el desorden ya que no existía un equilibrio entre experiencia y personal que estuviera en capacitación, lo que resultaba en operaciones que aún no se acababan de realizar y eran dependientes para continuar con otra parte del proceso.

Asimismo, existía una falta de seguimiento a las áreas de oportunidad que se presentaban en cada primer montaje, por lo tanto, un factor que atrasó la actividad del primer montaje era probable que se pudiera repetir y, por ende, tras la falta de seguimiento el tiempo de atraso era significativo.

A pesar de que las premisas son siempre las mismas, el modo de ejecución de las tareas es diferente. Los grupos de trabajo se componen de 5 operadores, donde uno de ellos es el portavoz.

3.1.2.1 Grupos de Trabajo

Los grupos de trabajo dentro de los operadores (Grupo 1) se compone de 5 personas, donde una de ellas es el portavoz. Hasta el mes de marzo del año 2023, los grupos se componían de una forma:

Grupo A	Grupo B	Grupo C
Jaime M.	Silverio T.	Rodolfo P.
Armando T.	Michel C.	Gustavo R.
Martín M.	Leonardo O.	Jesús M.
Josué R.	Ricardo T.	César T.
Rubén F.	-	Cristian F.

Tabla 1 Grupos de Trabajo de operadores de línea

Es importante puntualizar el número de primeros montajes en los que cada uno de los operadores se ha visto involucrado, así como la antigüedad que tienen en el puesto ya que ambos factores son importantes para el análisis del caso del presente trabajo

Grupo A	Antigüedad (Años)	# Primeros Montajes
Jaime M.	8	10
Armando T.	7	5
Martín M.	3	3
Josué R.	5	2
Rubén B.	5	2

Tabla 2 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo A

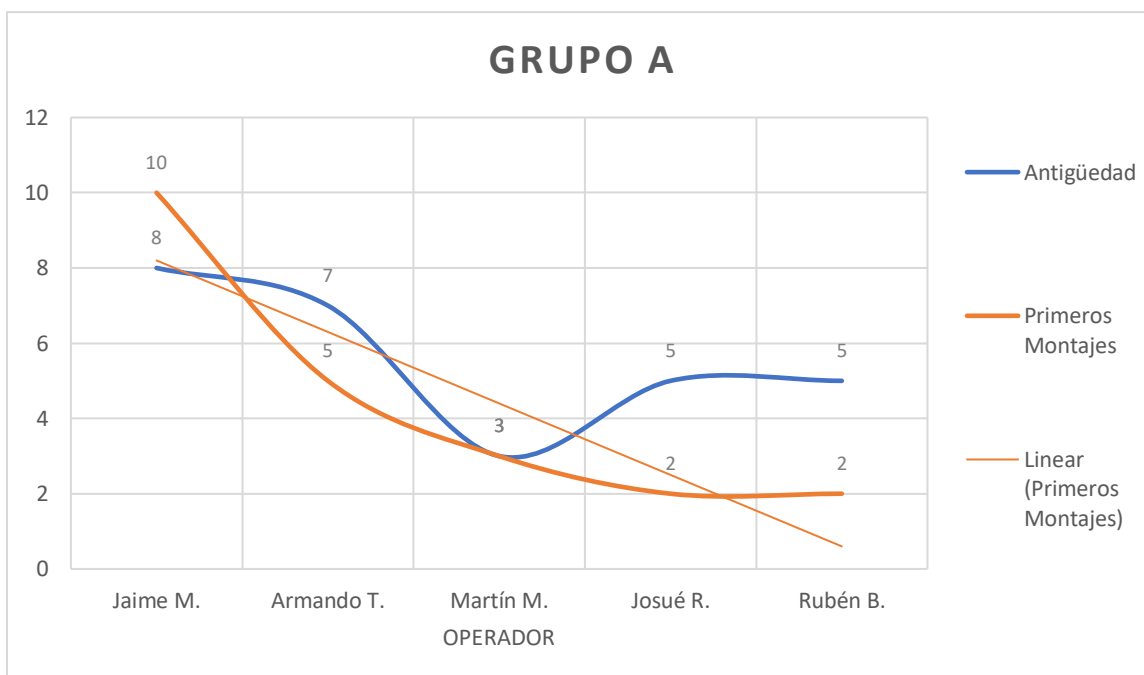
Grupo B	Antigüedad (Años)	# Primeros Montajes
Silverio T.	8	15
Michel C.	6	5
Leonardo O.	5	4
Ricardo T.	1	2

Tabla 3 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo B

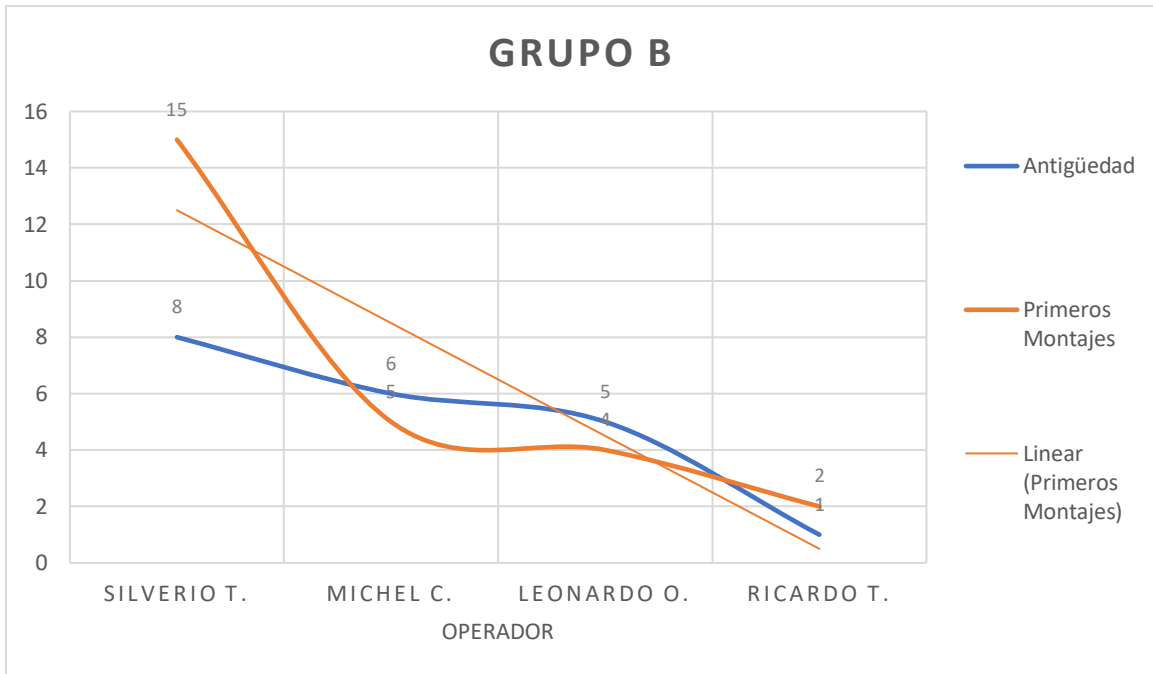
Grupo C	Antigüedad (Años)	# Primeros Montajes
Rodolfo P.	10	10
Gustavo R.	6	5
Jesús M.	10	10
César T.	7	5
Cristian F.	5	4

Tabla 4 Antigüedad y Número de Primeros Montajes en operadores de Grupo C

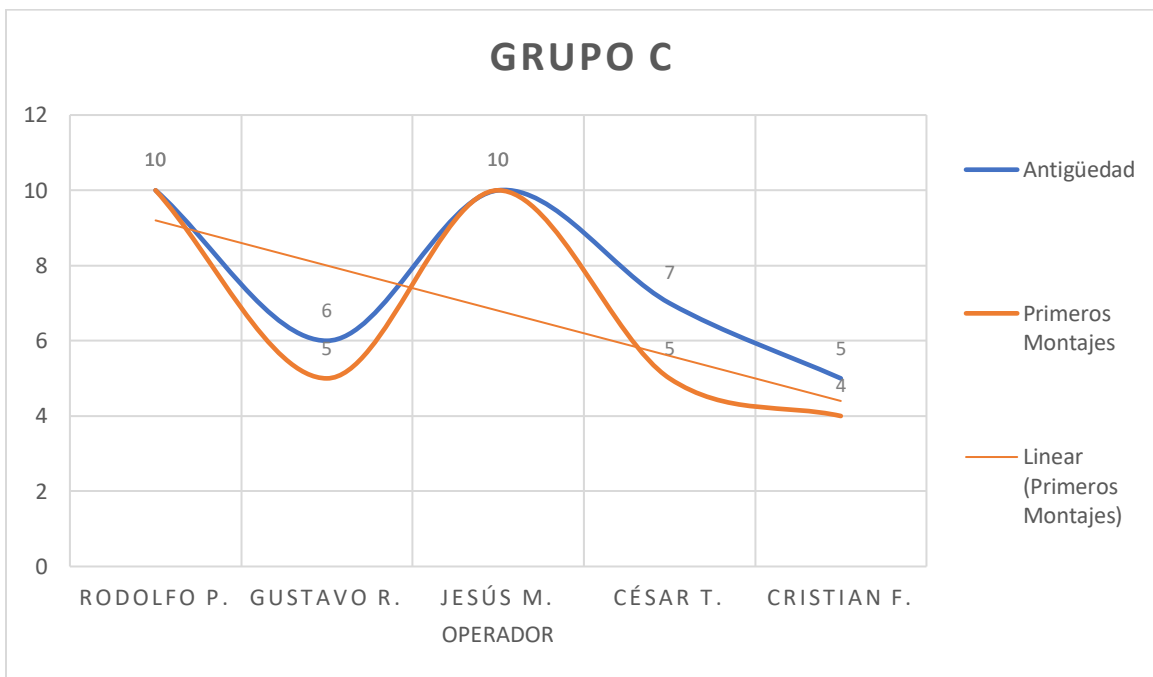
Así entonces podemos observar el balance que existe entre los años de antigüedad y la participación de los primeros montajes:



Gráfica 1 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del Grupo A



Gráfica 2 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del Grupo B



Gráfica 3 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del Grupo C

Bajo el análisis de datos, podemos observar que:

- El grupo B tiene el mayor número medio de primeros montajes y también tiene la antigüedad media más baja de los tres grupos. Esto podría sugerir que los miembros de este grupo son relativamente nuevos en sus puestos de trabajo, pero tienen un alto nivel de experiencia en la realización de primeros montajes.

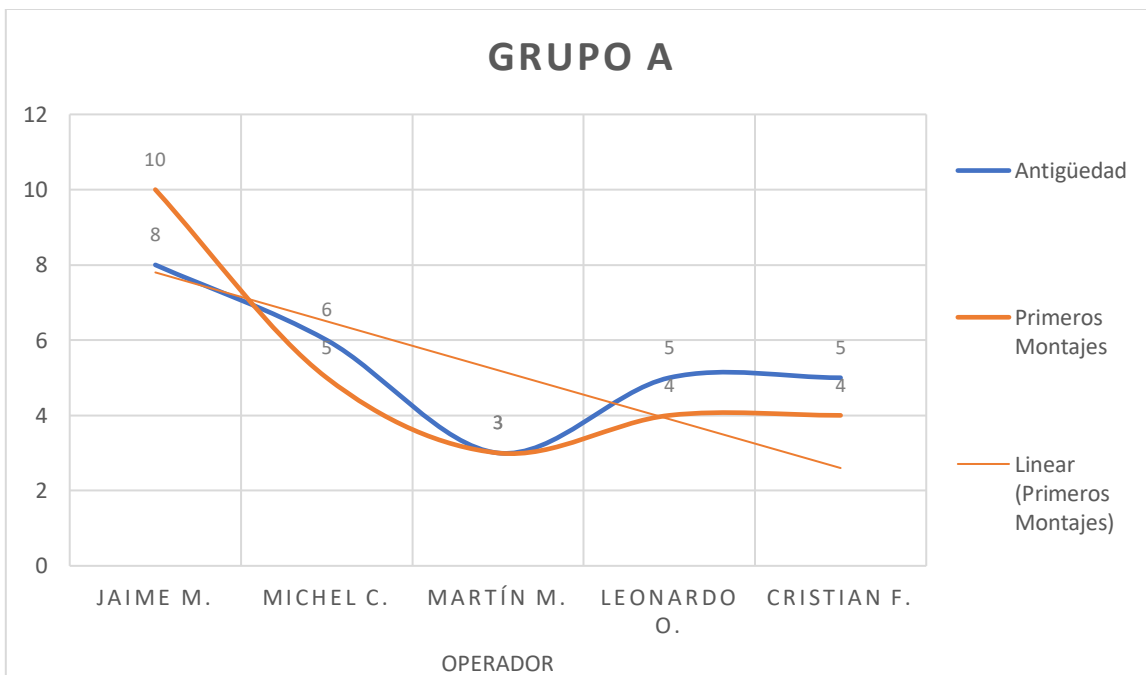
- El grupo C tiene la antigüedad media más alta de los tres grupos, lo que podría indicar que sus miembros tienen más experiencia en general. Además, este grupo tiene el mismo número medio de primeros montajes que el grupo A, a pesar de tener una antigüedad media más alta. Esto podría sugerir que los miembros del grupo C son más selectivos en los proyectos en los que participan.
- El grupo A tiene una antigüedad media intermedia y el segundo número medio más alto de primeros montajes, lo que podría sugerir que están en algún punto intermedio en términos de experiencia en comparación con los otros dos grupos.

En marzo de 2023 ocurrió un movimiento con los grupos de trabajo lo que ocasionó que los grupos quedaran de la siguiente forma:

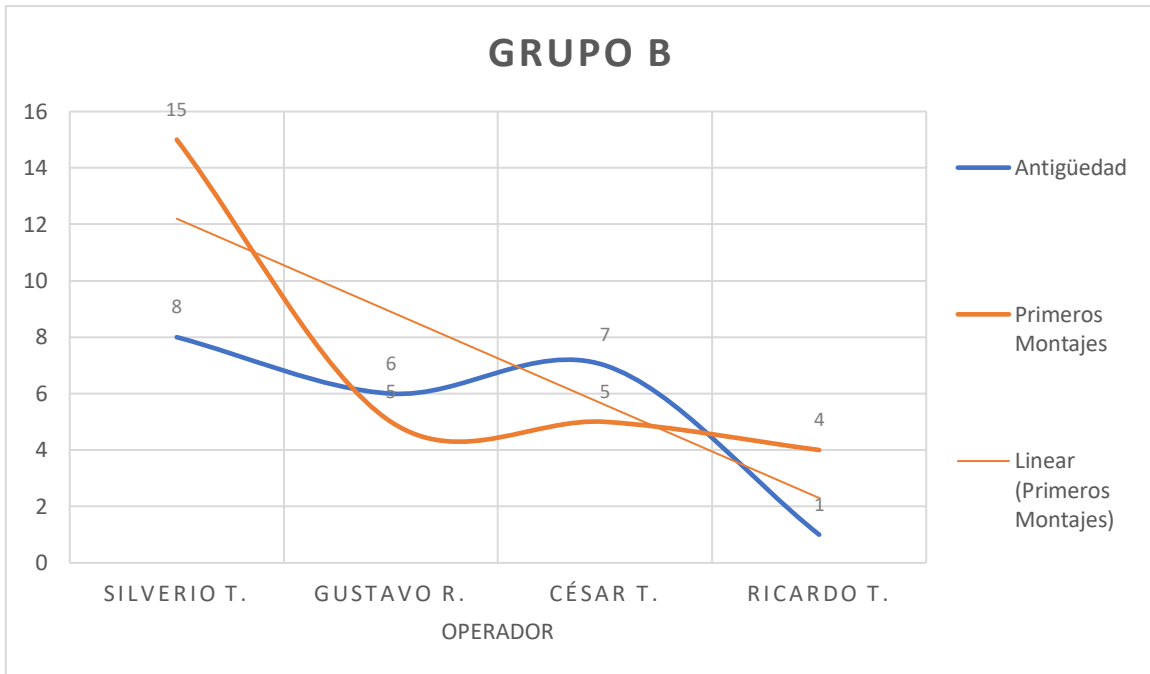
Grupo A	Grupo B	Grupo C
Jaime M.	Silverio T.	Rodolfo P.
Michel C.	Gustavo R.	Armando T.
Martín M.	César T.	Jesús M.
Leonardo O.	Ricardo T.	Josué R.
Cristian F.	-	Rubén B.

Tabla 5 Organización de los nuevos grupos de trabajo de los operadores

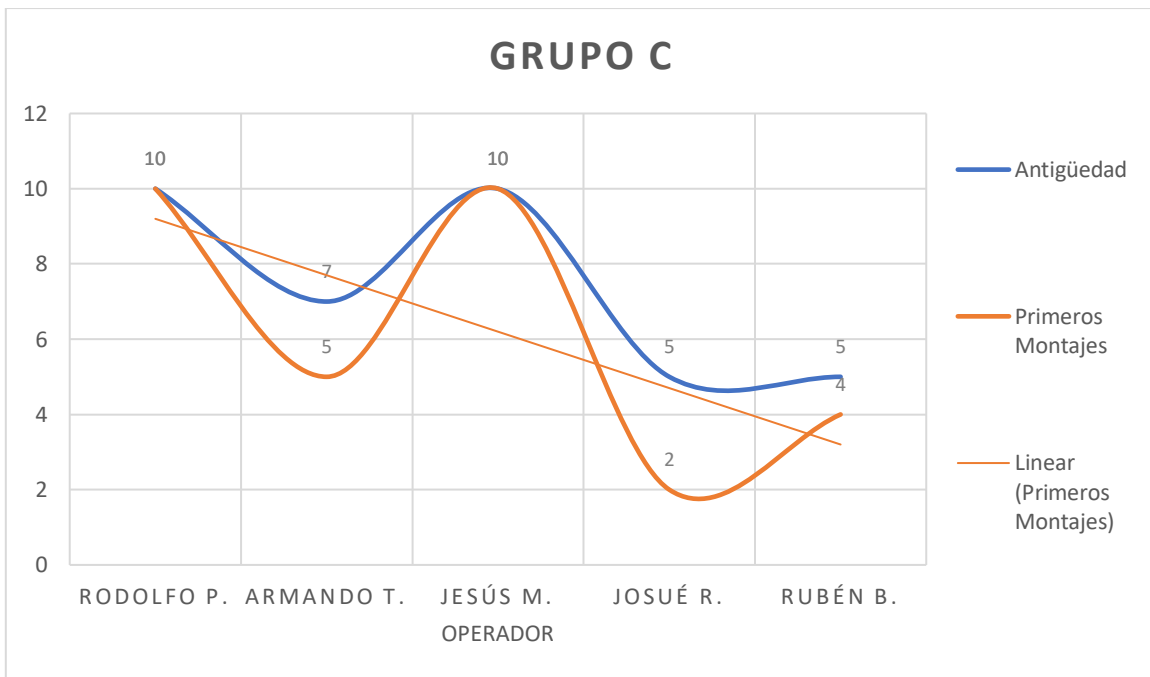
Por lo tanto, los grupos de trabajo quedaron distribuidos de la siguiente forma:



Gráfica 4 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo A



Gráfica 5 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo B



Gráfica 6 Número de primeros montajes y la antigüedad de los Operadores del nuevo Grupo C

De acuerdo con la interpretación de las anteriores gráficas se puede concluir que:

Grupo A

Antes del cambio:

Antigüedad media: 5.6 años

Número medio de primeros montajes: 4.4

Después del cambio:

Antigüedad media: 4.4 años

Número medio de primeros montajes: 4.4

En el Grupo A, podemos observar que después del cambio, la antigüedad media disminuyó, lo que indica que los operadores son relativamente nuevos en comparación con la situación anterior. Sin embargo, el número medio de primeros montajes no cambió, lo que sugiere que los operadores del Grupo A todavía tienen una experiencia similar en términos de participación en proyectos importantes.

Grupo B

Antes del cambio:

Antigüedad media: 5.0 años

Número medio de primeros montajes: 8.75

Después del cambio:

Antigüedad media: 5.4 años

Número medio de primeros montajes: 4.5

En el Grupo B, podemos observar que después del cambio, la antigüedad media aumentó ligeramente, lo que indica que los operadores son un poco más experimentados en comparación con la situación anterior. Sin embargo, el número medio de primeros montajes disminuyó significativamente, lo que sugiere que los operadores del Grupo B pueden estar menos involucrados en proyectos importantes después del cambio.

Grupo C

Antes del cambio:

Antigüedad media: 7.6 años

Número medio de primeros montajes: 6.8

Después del cambio:

Antigüedad media: 7.4 años

Número medio de primeros montajes: 6.6

En el Grupo C, podemos observar que después del cambio, tanto la antigüedad media como el número medio de primeros montajes no cambiaron significativamente, lo que sugiere que los operadores de este grupo tienen una experiencia similar en términos de participación en proyectos importantes antes y después del cambio.

En resumen, el cambio en la composición de los grupos de trabajo en marzo de 2023 tuvo diferentes efectos en la antigüedad y el número de primeros montajes de los operadores en cada grupo. Si bien algunos grupos tuvieron cambios significativos en su experiencia y participación en proyectos importantes, otros no cambiaron tanto

Los cambios en los grupos pueden tener tanto efectos positivos como negativos dependiendo de diversos factores, como la dinámica de equipo, la experiencia y habilidades de los miembros, la distribución de tareas, entre otros.

En general, los cambios en los grupos pueden tener un impacto positivo en el rendimiento del equipo si se realizan de manera efectiva, como al mejorar la complementariedad de habilidades, equilibrar la carga de trabajo, mejorar la comunicación y la colaboración, y fomentar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades. Sin embargo, los cambios también pueden tener un impacto negativo si no se manejan adecuadamente, como al generar resistencia, crear conflictos, reducir la cohesión del equipo y disminuir la productividad.

Dentro de los 15 operadores de línea que hay, con las gráficas expuestas en el capítulo anterior podemos observar que la media es de 5 años y 8 meses entre todos los operadores y que el promedio de primeros montajes es de 6, sin embargo, sólo 4 operadores exceden los 5 primeros montajes lo que se traduce en una poca experiencia por parte de casi el 70% del cuerpo de operadores.

3.1.2.2 Organización en Primer Montaje

Realizando un sondeo entre los portavoces, se indagó el proceso de organización para los primeros montajes donde las respuestas fueron similares al mencionar que, aunque se tuviera un plan previo de organización de personal al final los coordinadores eran quienes decidían cuáles operadores iban a realizar ciertas actividades.

Cabe recordar que la línea PXL se compone de tres partes esencialmente, así entonces el plan que usualmente se tiene al tener un grupo de 5 operadores es el siguiente:

2 operadores en FOL

2 operadores en Línea de Prensas y Feeders

1 operador en EOL

Es preciso mencionar que, además se tenía (antes de los cambios de grupos) una persona por grupo para el manejo y programación de la cámara de centrado (VMT).

Generalmente en el FOL se elegía a una persona con experiencia y a otra sin tanta experiencia afín de poder realizar el proceso de enseñanza/aprendizaje, no obstante, los coordinadores hacían movimientos tratando de prever atrasos en el primer montaje.

Así entonces en el FOL quedaban 2 personas con experiencia, 2 personas en la línea (una de estas personas a veces funge como comodín) y 1 persona más para el EOL en caso de que la pieza lo requiriera.

Muchas veces por el cambio de personal que el coordinador imponía, las cosas que el grupo y su portavoz habían previsto se venían debajo de acuerdo con la pronta adecuación que se debía hacer para la realización del primer montaje, teniendo un tiempo de respuesta corto lo que en ocasiones se traducían con retrabajos, malentendidos, etc.

Dentro de las actividades que se realizan en un primer montaje, es difícil parametrizar y poner una escala de aprendizaje o dominio de cierta actividad ya que la línea de prensas PXL es tan compleja que nos permite realizar las mismas tareas de diferente forma, de igual forma, es difícil cuantificar el nivel de cada operador al no tener una serie de evaluaciones que permita parametrizar el manejo de la línea.

La forma para poder aplicar alguna metodología de este tipo es muy compleja ya que no hay una persona que pueda explicar al 100% el manejo óptimo de la PXL y, por lo tanto, con el paso del tiempo y las fallas que aparecen se adquieren conocimientos que no existían

Con la metodología que se aplicaba por parte de la coordinación, se intentaba garantizar la rapidez de un primer montaje al poner en ciertas partes del proceso a personal experimentado, impidiendo el aprendizaje por parte de personal que no ha presenciado este proceso y poniéndolos a hacer otras actividades, lo que permite que se cree un círculo vicioso en donde sin querer se llega a depender de ciertas personas para el primer montaje.

Asimismo, en un intento por cumplir la meta en un determinado tiempo, se traía a más personal de otro turno, lo que resultó contraproducente ya que, al no identificar las áreas de oportunidad en un grupo, el personal de otros turnos tenía los mismos conocimientos/experiencia que otra persona perteneciente al grupo que estaba planeado en un inicio. La falta de protocolos o documentación de problemas originó que se involucrara más gente que la debería de estar en el proceso, si bien hay procesos más tardados que otros, la distribución del grupo de 5 personas es suficiente para poder cumplir la actividad del primer montaje.

La clave de tener personal de apoyo es cubrir las necesidades faltantes en el grupo “base” para que todo fluya sin dudas, no obstante, se permeaba la capacidad de aprendizaje de personal que no se había inmiscuido en ciertas partes del primer montaje.

3.1.2.2.1 Ley de los Rendimientos Marginales Decrecientes

Existe la “Ley De Los Rendimientos Marginales Decrecientes”, la cual, es una teoría en economía que predice que después de que se alcance un cierto nivel óptimo de capacidad, añadir un factor de producción adicional dará lugar realmente a incrementos menores en la producción (Josemaría, 2023).

Esta Ley se compone de 3 fases, descritas de forma básica:

- 1- La producción aumentará de forma acelerada
- 2- La producción aumentará, pero lentamente hasta llegar al máximo
- 3- El producto total comienza a disminuir

Traduciendo esta ley al primer montaje, a mayor número de personal más descontrol, el Grupo 1 (Operadores) al ser un grupo pequeño (5 personas), un par de personas más que se

involucren y no se ocupen de forma adecuada hará que se pase de la 2da fase de la Ley de los Rendimientos Marginales Decrecientes a la 3ra de forma tan rápida que se verán las consecuencias de forma inmediata en el primer montaje en la que se llega al punto de descontrol en el que la productividad cae debido a la coordinación, la comunicación, el tiempo de capacitación y otros recursos necesarios para mantener la eficiencia.

Hay un antecedente de la acción de esta ley, dentro del antepenúltimo primer montaje, la coordinación decidió traer dos personas de apoyo, logrando un total de 7 personas para esta actividad, no está de más decir que, aunque al parecer al principio el primer montaje parecía que iba conforme a lo planeado, la ley de los rendimientos marginales crecientes se hizo presente con sus tres fases. El objetivo de traer a estas dos personas implicó eventualmente, un descontrol en las actividades y por ende al progreso del primer montaje; es importante mencionar que las dos personas que se agregaron al grupo base fueron los portavoces de los dos grupos restantes, quienes en teoría “dominan” más los temas de manejo de línea.

El resultado de aquel primer montaje fue la producción de la primera pieza después de 9 horas ya que, al inicio, como ya se explicó, el plan de distribución de actividades tuvo que ser modificado por las personas que se añadieron al equipo.

3.1.2.2.2 Efecto Ringelmann

De igual forma existe el “Efecto Ringelmann” el cuál se basa en el escenario cuando las personas estamos ante tareas que exigen la suma de esfuerzos de cada miembro del equipo para conseguir un objetivo grupal, aparece una tendencia a realizar menos esfuerzo a medida que aumenta el tamaño del grupo y surge cuando el esfuerzo individual se confunde entre los del grupo de personas que colaboran entre sí (Ruiz Mitjana, 2019).

Las bases se sentaron en averiguar la eficacia en las tareas agrícolas, donde observó que cuando un grupo de personas tiran de una cuerda, la cual está atada a un instrumento que mide la fuerza de tracción, cuanto mayor era el grupo de personas, menor era la fuerza que cada individuo emplea para tirar. De esta forma, observó que la ejecución relativa de cada persona individualmente disminuía progresivamente a medida que el número de ellas en cada grupo aumentaba. Es decir, la aportación individual se reducía proporcionalmente al aumento de las personas que colaboraban en la acción.

Este efecto se clasifica en 3 tipos de tareas:

- 1- Tareas Aditivas: Son aquellas tareas que implican que, a mayor número de personas, mayor rendimiento o productividad potencial. En este tipo de tareas el resultado grupal es igual a la suma de las contribuciones de cada persona en este caso, el Efecto Ringelmann aparece porque los miembros piensan (de forma consciente o inconsciente) que el trabajo “ya lo harán los demás”
- 2- Tareas Disyuntivas: En este tipo de tareas se selecciona la mejor opción y el rendimiento grupal viene determinado por el rendimiento del más competente. El Efecto Ringelmann surge en los sujetos poco hábiles, ya que al ser un tipo de tarea donde se selecciona la mejor opción como “ganadora”, estos miembros sentirían que

no son suficientemente buenos como para proponer nada (ya que no serán seleccionados), y por lo tanto dejan de participar o disminuyen su esfuerzo.

- 3- Tareas conjuntivas: Aquí todos los miembros del grupo trabajan a la vez, al unísono. En este caso, el Efecto Ringelmann aparece en tareas conjuntivas de grupos grandes, concretamente en sujetos muy hábiles, ya que al actuar todos a la vez, los más hábiles “se relajan” y disminuyen su rendimiento, que consideran prescindible.

El efecto Ringelmann se manifiesta en un primer montaje cuando al traer más personal, el turno “base” descompone la planeación que tenían propuesta y, por ende, se manifiestan los primeros dos tipos de tareas.

No es de extrañarse que los operadores que estaban planeados para una actividad se sientan desmotivados al ser reemplazados por personal de otros turnos mediante indicaciones de la coordinación, lo que implica un menor desempeño en la actividad que realicen.

Tomando como ejemplo el antepenúltimo primer montaje antes mencionado, la estrategia de las actividades se vio afectada por lo que, aparecieron los tres tipos de tareas que describe el efecto Ringelmann, además de diversos factores y variables que se explicarán en el siguiente capítulo, los dos primeros tipos de tareas salieron a relucir.

Capítulo IV

4.1 Primer Montaje Optimizado

La identificación de las partes de un proceso es fundamental para comprender y optimizar eficientemente cualquier actividad o sistema. Cuando se descompone un proceso en sus diferentes componentes, se pueden analizar y evaluar individualmente, lo que permite identificar áreas de mejora, eliminar redundancias, minimizar errores y maximizar la eficiencia global del proceso.

Al identificar las partes de un proceso, se obtiene una visión detallada de cómo funciona y qué función desempeña cada componente en el contexto general. Esto facilita la identificación de cuellos de botella, puntos débiles o ineficiencias en el flujo de trabajo. Además, ayuda a comprender las interdependencias entre las diferentes partes y cómo afectan al rendimiento general.

La identificación de las partes de un proceso también permite una mejor asignación de recursos y responsabilidades. Al conocer las tareas y actividades específicas asociadas con cada parte del proceso, se puede asignar el personal adecuado, los recursos necesarios y establecer responsabilidades claras. Esto garantiza una ejecución más fluida, minimiza la duplicación de esfuerzos y promueve la rendición de cuentas.

Además, tener identificadas las partes de un proceso es esencial para la mejora continua. Al realizar un seguimiento y análisis periódico de cada componente, es posible implementar cambios, innovaciones y optimizaciones puntuales en áreas específicas, en lugar de realizar modificaciones aleatorias en todo el proceso. Esto ayuda a alcanzar mejoras incrementales de manera más efectiva y a mantener un proceso en constante evolución y adaptación.

En resumen, la identificación de las partes de un proceso es crucial para comprender, evaluar y optimizar cualquier actividad o sistema. Proporciona una visión detallada de cada componente, permite una mejor asignación de recursos y responsabilidades, y facilita la mejora continua. Al desglosar un proceso en partes manejables, se puede lograr una mayor eficiencia, productividad y calidad en general.

Como premisa inicial, se debe tener la disposición completa de la máquina ya que se entiende que en un primer montaje no se podrán producir piezas, por lo que se consideraría un tiempo “muerto” para la producción, al identificar mediante la filosofía del TPS esto como un desperdicio, procedemos a catalogar al Primer Montaje como un desperdicio necesario el cual debe de reducirse.

Después de un análisis en los últimos primeros montajes, se notó que inicialmente se debe desarrollar una lista de las actividades que se llevan a cabo en cada parte de la línea para poder catalogar las actividades por importancia, duración y condición previa para llevar a cabo actividades posteriores

Retomando el ejemplo que se tomó del capítulo anterior, se notó que existió cierto descontrol por no saber las actividades que se tenían que hacer para poder empezar con el proceso del primer montaje

4.1.1 Identificación de Actividades – Lean Manufacturing

Para este apartado aplicaremos el Lean Manufacturing identificando las actividades y el flujo que éstas deben de llevarse a cabo para poder lograr un exitoso primer montaje

4.1.1.1 Actividades Previas

- Creación de Programa en central de mando: Es la creación del programa para que el PLC pueda identificar un nuevo número de programa, después de una actualización realizada en 2022, la creación desde la consola central permite la creación del programa en el FOL y EOL
- Descarga de curva a servidor (Antes NAS): Se refiere a la descarga de las curvas de las prensas, feeders, datos del FOL desde una memoria USB al servidor que existe como carpeta compartida, antes de la actualización de 2022 existía un servidor físico (NAS)
- Importación de datos: Es el proceso de descarga de las curvas de Prensas y Feeders desde el servidor (carpeta compartida) a la carpeta que ocupa la línea PXL para almacenar los datos que se ocuparán para la pieza a producir
- Exportación de datos: Al existir una carpeta compartida, se deben exportar las curvas de las Prensas hacia el servidor para que el taller de troqueles empiece a introducir los datos que se recaban del montaje en la prensa de ajuste (EAP – Ein Arbeit Presse), ya que los datos de las curvas de las prensas vienen sólo con la codificación necesaria para que la línea reconozca la edición del documento descargado para su posterior funcionamiento una vez que los datos se editan en la prensa de ajuste y después se importen.
- Importación de Datos desde EAP: Una vez que taller de troqueles acaba de editar los datos de la secuencia de troqueles próxima a primer montaje, los datos de estas curvas se deben importar a PXL para que la línea reconozca los datos que se recabaron con los montajes en la prensa de ajuste
- Duplicado de Programas en Robots (Desapiladores, Centrados y Descargadores): Los robots funcionan mediante programas que el PLC reconoce una vez que se hace el intercambio de datos en la central, cada programa tiene una codificación diferente a pesar de poseer instrucciones iguales, para una introducción de un nuevo número de parte se deben crear programas “nuevos” basados en números de parte similares (duplicado de programa)

Estas actividades no requieren como tal un diagrama de Gantt ya que, estas acciones se pueden llevar a cabo con la línea funcionando a excepción del duplicado de programas en los robots, las cuales se realizan en una pausa de comida.

4.1.1.2 Actividades en FOL

4.1.1.2.1 Validación de datos

- Lados interiores Pallet: Se refiere a la medida que se debe tener desde el canto del pallet hasta el canto de la platina

- Medida de Brazos "S": Es la medida en la cual se deben desplazar los brazos “S” que contienen un imán que se dispone a “encajonar” el material
- Movimiento manual de paquete: El movimiento de las cadenas transportadoras hasta la unidad elevadora
- Revisión/Adopción de datos de producto de topes laterales y imanes: Con base en la forma de la platina se adoptarán imanes/sopladores para “encajonar” el material
- Revisión de ADC's: Reproducción del programa de robot para tomar el balcón que contiene los toolings desde su base en las puertas giratorias
- Corrida de programa para adopción de datos en las TB's: Reproducción del programa del robot para el traslado de la platina
- Maniobra de Feeder 0/Medición de avance para TB2: Movimiento de la última banda en reversa para poder hacer la simulación de la platina centrada
- Revisión de programa(s) de robot(s) de centrado: Corrida del programa del robot para asegurar el movimiento adecuado
- Toma de fotografía/Programa de centrado: Programación de la cámara para que pueda mandar las señales correctas al PLC afín de que el robot centrador posicione bien la platina
- Teacheo de sensores Roland: Programación del sensor de doble platina para evitar que dos platinas se escapen
- Revisión de datos de producto: Aseguramiento de los datos ingresados
- Pruebas en automático: Es el último paso del primer montaje, acá se observa la sincronía de toda la línea, el FOL con los movimientos de los robots junto con las bandas y la cámara de centrado en acción

Una vez identificadas las actividades se desarrolla el plan de tiempo para su desarrollo:

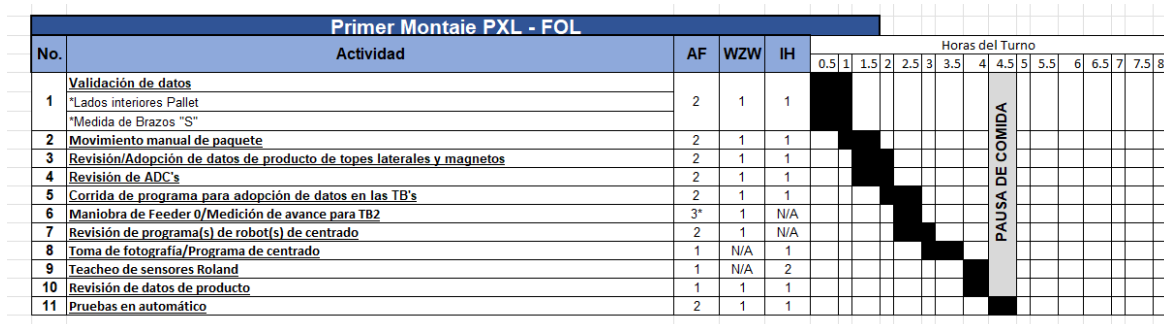


Ilustración 6 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el FOL

4.1.1.2.2 Actividades en la línea (Feeders-Prensas)

- Colocación de portatoolings manualmente en Feeders: Esta actividad implica poner los toolings de la nueva herramienta manualmente, es decir, entrar a la línea y colocarlos en los feeders
- Entrada de nuevos troqueles: Después de haber insertado los toolings nuevos, el siguiente movimiento es meter manualmente prensa por prensa

- Revisión de troqueles físicamente para edición de datos de producto: Se deben verificar diversos datos del producto
- Tensores superiores: Los tensores superiores se encargan de cargar la parte superior del troquel, dependiendo de sus dimensiones va a depender el número de tensores a ocupar
- Válvulas de recorte a ocupar: Los troqueles pueden variar en función, los hay de diferentes tipos: embutido, corte/punzonados, estaciones de vacío, calibrados, canteados, etc. En este paso dependiendo del tipo de troquel y su función va a depender de la adopción de las válvulas de recorte (tapas de chatarra) que se ocuparán para que el scrap/retal caiga.
- Mangueras que el troquel necesitará para accionar carros de trabajo: Los troqueles de acuerdo con la acción que realizan en la pieza, ocupan aditamentos neumáticos, éstos se traducen en vacío para sujeción de la pieza, grippers que al igual que el vacío aseguran una correcta sujeción de la platina, carros de trabajo para realizar formas complejas, sistemas de seguridad para evitar que el troquel sufra daños, etc. Este punto es definido por el fabricante ya que se cuentan con 5 tipos de mangueras (2 de aire de entrada, 2 de salida y 1 de aire continuo ((no programable))), sin embargo, los datos que se deben adoptar son definidos por las mangueras a ocupar.

4.1.1.2.3 Revisión/llenado de protocolo de datos de producto

- Alturas: Es la altura de trabajo que la prensa adoptará para que la pieza tenga la suficiente fuerza de prensado afín que la pieza tenga las dimensiones requeridas y previstas en planeación
- Grados de accionamiento de levas: Es el valor que la prensa adoptará para poder accionar las válvulas encargadas de accionar las mangueras antes descritas en el apartado de mangueras
- Grados de sensado en carros de trabajo/sensores de presencia de pieza: De acuerdo con la velocidad de la línea, los carros de trabajo presentan diferentes grados de sensado, este punto se dedica al área electrónica ya que es la interpretación del dato que manda el sensor de posición de acuerdo con el funcionamiento correcto del carro de trabajo
- Colocación de piezas de apoyo: Se deben meter manualmente las piezas que se tienen de taller de troqueles para realizar las siguientes actividades
- Posicionar Feeders en Pick-up y revisar posición de ventosas: Dentro de las posiciones de los Feeders destacan el de Pick-up y Drop-off, traducido es el punto de toma de pieza y el punto de dejada, en esta actividad, se deben mandar los Feeders a la posición de toma de pieza para poder verificar la correcta posición de las ventosas y evitar que pierdan vacío el estar en un radio o punzonado
- Posicionar Feeders en Drop-off y revisar posición de pieza en OP siguiente: Al contrario del punto anterior, ahora es la posición de depósito de pieza la que se tiene que revisar, el detalle en esta actividad es que se debe asegurar la dejada correcta de

la pieza evitando alguna deformación derivada de una colisión con algún localizador de la pieza en la siguiente operación

- Retirar piezas de apoyo de las prensas: Una vez probada la recogida y depositada de la pieza, se deben retirar las piezas para poder continuar con el proceso de puntos de colisión ya que las prensas deben estar en su Punto Mínimo Inferior (PMI)

Primer Montaje PXL - Línea																					
No.	Actividad	AF	WZW	IH	Horas del Turno								Comentarios								
					0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
1	Colocación de portatooling manualmente en Feeders	4*	2	0																	
2	Posicionar Feeders en Pick-up y revisar posición de ventosas	2	1	0																	
3	Posicionar Feeders en Drop-off y revisar posición de pieza en OP siguiente	2	1	0																	
4	Revisión de troqueles físicamente para edición de datos de producto																				
	*Valtulas de recorte a ocupar	1	1	0																	
	*Mangueras que el troquel necesitará para accionar carros de trabajo																				
5	Revisión/llenado de protocolo de datos de producto																				
	*Alturas	1	1	0																	
	*Grados de accionamiento de levas																				
	*Grados de sensado en carros de trabajo/sensores de presencia de pieza																				
7	Retirar piezas de apoyo de las prensas	2	2	0																	
8	Puntos de colisión	1	0	1																	
9	Prueba de marcha continua	3	1	1																	

Ilustración 7 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para la línea de prensas y feeders

4.1.1.2.4 Actividades en EOL (en caso de que se ocupe)

- Revisar ADC de Robots: Es la revisión del movimiento que hace el robot al momento de tomar y dejar la base (balken) en la puerta giratoria, acá se asegura que no haya colisión y por ende deformación de alguna mecanización.
- Revisión/creación de programa del Robot en lista de programas y en CELL: Este punto se hace generalmente antes, sin embargo, es la creación de un programa a base de otro para poder “dar de alta” el nuevo número de parte al robot
- Edición de datos de producto de Shuttle: Se adoptan valores como el movimiento del Shuttle, sensores de presencia de pieza, avance de las bandas de salida y si la pieza lo permite, el apilado de piezas antes de que la banda avance
- Revisión de puntos de recogida/dejada de pieza: Dentro del programa de los robots, se tiene que verificar el recorrido de éstos, debe ser un recorrido donde se deben evitar colisiones, y evitar movimientos innecesarios, en la dejada de pieza se debe asegurar que ésta caiga sin complicaciones a fin de evitar deformaciones al momento en que ésta caiga en la banda, así también el punto secundario es el acomodo para que las personas encargadas de revisar la calidad de la pieza tengan una posición ergonómica para evaluar el estado de la pieza.
- Pruebas en Automático: Al final, el EOL se muestra con el trabajo conjunto del Shuttle y de los robots descargadores al depositar la(s) pieza(s) en la banda de salida

Primer Montaje PXL - EOL (En caso de ocuparlo)																					
No.	Actividad	AF	WZW	IH	Horas del turno								Comentarios								
					0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
1	Revisar ADC de Robots	2	1	N/A																	
2	Revisión/creación de programa del Robot en lista de programas y en CELL	1	1	N/A																	
3	Edición de datos de producto de Shuttle	1	1	N/A																	
4	Revisión de puntos de recogida de pieza	1	1	N/A																	
5	Revisión de puntos de dejada de pieza en banda de salida	1	1	N/A																	
6	Edición de datos de producto de banda de salida	1	1	N/A																	
7	Llenado de protocolo de datos de producto	1	1	N/A																	
8	Pruebas en Automático	1	1	N/A																	

Ilustración 8 Diagrama de Gantt con las actividades propuestas para el EOL

4.1.1.2.5 Pruebas de producción

- Puntos de colisión: Son los puntos en los que el operador debe asegurar con condiciones previas (Prensas cerradas [PMI]) que no haya colisión con la prensa/troquel, ya sea sin pieza o con ella.
- Prueba de marcha continua: Quizá este sea el punto más importante y que irónicamente no dependa como tal de los operadores ya que es la sincronía de las curvas que se mandan desde Alemania y consta de revisar que no haya alguna colisión entre la prensa y el feeder, es la simulación del movimiento en cascada que se tendrá en producción normal. En dado caso que haya alguna colisión se debe tomar una fotografía para que en Alemania se corrija la curva de movimiento. Una vez pasada con éxito la prueba se podrá correr en condiciones normales el nuevo número de parte. Las condiciones de calidad son punto y aparte que se verán en los siguientes montajes.

4.1.2 Identificación de problemas recurrentes – Teoría de Restricciones

Está claro que para optimizar algo se debe recurrir al historial de fallas o eventos que ralentizan o entorpecen el proceso del primer montaje, por lo tanto, se ocupan los siguientes recursos para la identificación de los principales inconvenientes

El recurso por ocupar para tratar este inconveniente es el de la teoría de restricciones en donde identificaremos los cuellos de botella referentes a las partes del proceso en donde hay más entorpecimiento para poder desarrollar estrategias de mejora.



4.1.2.1 Reportes de Taller de troqueles

Dentro del reporte del primer montaje, taller de troqueles cuenta con uno que se hace durante las primeras producciones de un nuevo número de parte o piezas críticas, para generalizar, ahí se detallan cuestiones importantes para la optimización de los troqueles con el fin de optimizar la calidad de la pieza final, por lo tanto, el reporte del taller de troqueles se enfoca en la calidad de la pieza más no tanto en la calidad del proceso que es lo que se busca en este trabajo.

Sin embargo, algunas cuestiones de calidad que taller de troqueles apunta, concierne a la naturaleza del proceso como la optimización de la disposición de ventosas en los feeders o el ajuste de la posición en la que el Feeder toma o deposita la pieza en la anterior o siguiente estación; asimismo, ya que se ocupan toolings (mecanizaciones) en el FOL y EOL, fallas u optimizaciones se apuntan en este reporte.

En ocasiones se anotan fallas referentes a algunas actividades que producción, por ejemplo, la programación de la cámara de centrado o el ajuste del programa de los robots desapiladores o centradores; por ello es importante puntualizar que estas anotaciones son de suma importancia para este trabajo ya que señalan actividades a priorizar y que ayudan a tener en la mira una optimización o estandarización.

INTERNAL

Protocolo de Montaje					Audi México 			
No. de Parte		Descripción						
80F.827.105		Tapa Trasera Exterior Superior						
Asistencia	Planeación Proy.	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Sonia di Muccio, Raúl Rodríguez		Calle 11	Fecha:	Comienzo:	Final:
	Planeación Serie	<input type="checkbox"/> Sí				30.08.2020	6:56	20:30
	Constructor	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	NEC			Total Piezas:	Desecho:	Retrabajo:
	Taller de Troqueles	Jesús, Roberto		Central	71	5	0	
	Calidad	Raúl González		N/A	N/A	N/A	N/A	
	Invitado	N/A		Debe: EHZ	Es: EHZ	Debe: WNHZ	Es: WNHZ	
	Producción con lubricación adicional	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	10.0	10.0	9.0	N/A	
Lavadora	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	Debe: 100%-Pr.	Es: 100%-Pr.	Debe: Empaca.	Es: Empaca.		
Prueba de Material Realizado	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No	2.0	2	1 / 1	1 / 1		
Estatus Eléctrico del Troquel	<input type="checkbox"/> i.O.	<input checked="" type="checkbox"/> tw. i.O.	<input type="checkbox"/> n.i.O.	No. Montaje	1	DAT	10	
								
Causa del Desecho:		Ajuste de altura		Racks de Serie?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
Causa del Retrabajo:		N/A		Cantidad:		3 / 3		
Causa EHZ: (si no es alcanzado)				Observaciones:		N/A		
				Piezas para medición		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
Nr.	Operación	Descripción del hallazgo			Nombre/Fecha	Abierto	Cerr.	
1	OP40 , OP70	Para poder sacar piezas se conecta manguera por fuera. Necesidad de Ayuda Visual (Hinweissschild). Verificar en siguiente prensado			NEC	X		
2	FOL	Ajuste de Toolings Robot 2, no toma platina. Verificar en siguiente prensado. Paquete tiene que venir barejado desde BSA			Producción	X		
3	OP20, OP70	Se modifican alturas en prensa 1 y 6 quedan guardadas online, verificar siguiente prensado. Prensado en orden.			NEC	X		
		P1 queda en 1474.0mm						
		P2 queda en 1376.1						
4	General	Se montó erroneamente el Shuttle del HKL innen. Posteriormente se colocó el correcto del HKL AT0. Verificar identificaciones			Producción	X		
5	FOL	Verificar Centrado de platina ya que se corrige pero vuelve a variar			Producción	x		

Traducción interna, sólo como apoyo, Protocolo Original en Alemán.

1 de 1

Ilustración 9 Imagen de un protocolo de montaje del taller de troqueles de la pieza “Tapa Trasera Exterior Superior SB” en donde se apuntan las incidencias encontradas en el primer montaje para optimizar en el segundo montaje

En la imagen podemos observar un ejemplo del registro de una falla referente a la cámara de centrado la cual es una actividad que hace personal de producción.

Se tomaron en cuenta los últimos primeros montajes, son 14 números de parte en los cuales las fallas que predominan son:

- Cámara de centrado
- Ajuste de toolings en robots (desapiladores, centradores y descargadores)

Como se menciona anteriormente, los reportes del taller no muestran mucho acerca de los problemas que ralentizan el proceso de primer montaje sino las fallas que se presentan durante las primeras piezas mandadas en automático; no obstante, las dos fallas recurrentes que podemos apreciar en los reportes son un indicador de puntos en los que hay que enfocar atención para mejorar.

Denominación de Pieza	Número de Parte
Marco de Ventana NF	8MA 831/833 603/604
Marco de Toldo NF	8MA 817 407
Caja de Rueda NF	8MA 809 411/412
Piso NF/Poste A	80A 802 125/126 8MA 803 093
Toldo NF	8MA 817 111
Costado Izquierdo SB	80F 810 101
Costado Derecho SB	80F 810 102
Toldo SB	80F 817 111
Marco de Toldo SB	80F 817 407
Cajuela SB	80F 827 105
Portaplacas SB	80F 827 105
Tapa Trasera Interior SB	80F 827 159
Puertas Traseras Interiores SB	80F 833 311/312
Marcos de Ventana Traseros SB	80F 833 603/604

Tabla 6 Números de parte que fueron analizados hasta este punto del trabajo en sus primeros montajes para detectar las áreas de oportunidad

4.1.1.2 Sondeo

Ya que no hay reportes de incidencias más que los del taller de troqueles, se procedió a realizar un sondeo entre los operadores de línea para que pudieran nombrar las actividades que consideren “fáciles”, “difíciles” y/o “laboriosas/tardadas”, esto con el fin de poder prestarle menos atención a las actividades que son consideradas fáciles.

Dentro de los 15 operadores de línea que hay, con las gráficas expuestas en el capítulo anterior podemos observar que la media es de 5 años y 8 meses entre todos los operadores y que el promedio de primeros montajes es de 6, sin embargo, sólo 4 operadores exceden los 5 primeros montajes lo que se traduce en una poca experiencia por parte de casi el 70% del cuerpo de operadores.

No obstante, al menos todos los operadores han participado en 2 primeros montajes lo que se traduce en la identificación de tareas de diferente dificultad que el proceso muestra; es por

ello la razón del sondeo, para identificar de primera fuente las actividades en las que se tiene que enfocar para que el proceso a personal “nuevo” no sea tan difícil.

Un ejemplo claro es el FOL, en el cuál, sólo aproximadamente el 40% de los operadores tiene la experiencia de haber estado en esta parte del proceso, de forma contrastante, las acciones que se realizan en esta parte de la línea son movimientos manuales que durante un lapso de producción normal se puede llegar a dar.

De forma más precisa, la programación de la cámara de centrado (VMT) sólo es dominado cuando más por 4 personas de entre las 14 que se cuentan como operadores, es decir, menos del 30% sabe el proceso de la creación/programación de esta parte del FOL.

Es por ello que se ha identificado el FOL como una actividad primordial para favorecer el aprendizaje, en el capítulo anterior se tocó el tema del incremento del personal para realizar el primer montaje de forma eficaz; no obstante, el presente proyecto está enfocado en primera instancia en estandarizar el proceso y por lo tanto en segunda instancia se busca favorecer el aprendizaje y fortalecer los puntos débiles con la promoción de involucrar a personal a actividades que no ha realizado para así no depender de unas cuantas personas en ciertas partes del proceso.

4.1.3 Propuestas de Mejora

Una vez identificados los principales problemas que se presentan en el primer montaje, surgen 3 propuestas para estandarizar el proceso.

4.1.3.1 Checklist de apoyo para actividades de primer montaje

La creación de un checklist de actividades a realizar en un primer montaje es una herramienta invaluable para garantizar la eficiencia y la calidad en este proceso crítico. Aunque puede presentar ciertos desafíos, los beneficios de contar con un checklist bien diseñado son significativos.

Una de las principales ventajas de desarrollar un checklist es la estandarización de las actividades. Al tener un conjunto claro y detallado de pasos a seguir, se establece un estándar para el proceso de primer montaje. Esto asegura que cada operador realice las mismas tareas en el mismo orden, lo que minimiza la posibilidad de omitir pasos críticos o cometer errores. La estandarización también facilita la formación de nuevos operadores, ya que tienen una guía clara que pueden seguir.

Otra ventaja clave es la mejora en la eficiencia. Un checklist bien estructurado permite optimizar el flujo de trabajo y reducir el tiempo dedicado a tareas innecesarias o duplicadas. Al tener una lista de verificación que enumere las actividades esenciales, los operadores pueden trabajar de manera más rápida y eficiente, evitando retrasos y minimizando los tiempos muertos. Además, el checklist sirve como una herramienta de recordatorio, asegurando que no se pasen por alto elementos críticos.

La creación de un checklist también promueve la calidad y la consistencia en el primer montaje. Al incluir puntos de verificación específicos, se garantiza que se realicen todas las comprobaciones necesarias para asegurar la precisión y el cumplimiento de los estándares de

calidad. Esto ayuda a prevenir errores y reduce la probabilidad de retrabajos o fallas en el proceso. Asimismo, la consistencia en la ejecución de las actividades contribuye a la uniformidad en los resultados y a la satisfacción del cliente.

No obstante, es importante destacar que desarrollar un checklist efectivo puede presentar desafíos. Es necesario identificar todas las actividades clave y los puntos de verificación relevantes para incluir en el checklist. Esto requiere un conocimiento profundo del proceso de primer montaje y una comprensión completa de los criterios de calidad. Además, se debe establecer un equilibrio entre la exhaustividad del checklist y su usabilidad práctica, evitando que sea demasiado extenso o complicado de seguir.

Otro desafío radica en mantener el checklist actualizado y revisarlo periódicamente. A medida que se adquiere experiencia y se identifican mejores prácticas, es posible que sea necesario ajustar o agregar elementos al checklist para reflejar los nuevos conocimientos y enfoques. Esto asegura que el checklist siga siendo relevante y efectivo a lo largo del tiempo.

En resumen, la creación de un checklist de actividades a realizar en un primer montaje ofrece numerosas ventajas, como la estandarización, la mejora de la eficiencia y la promoción de la calidad y la consistencia. Aunque presenta desafíos, superarlos y contar con un checklist bien desarrollado beneficia tanto el flujo de trabajo como los resultados finales del primer montaje.

La idea de hacer un checklist se basa en facilitar la identificación en este caso, de actividades que son claves para el primer montaje. Con esta estrategia se busca no pasar por alto actividades que en un futuro implicarían un retrabajo.

A continuación, se expone un antecedente que expuso la necesidad de tener un estatus del montaje de una nueva secuencia de troqueles:

En el penúltimo primer montaje, precisamente con el número de parte 8MA 831/833 603/604 se tuvo un inconveniente con respecto a las curvas de movimiento de las prensas (hay que recordar que estas curvas son las responsables del movimiento de los émbolos de cada una de las prensas y por ende corresponden a posiciones en específico en ciertos puntos para que los feeders no colisionen con los troqueles)

La situación fue la siguiente: dentro de la actividad referente a las curvas que se incluye en condiciones previas no se tuvo muy claro el seguimiento o procedimiento que se tuvo al descargar las curvas ya que, cabe mencionar que el proceso de descarga de curvas las puede realizar cualquier turno y las condiciones cambiaron después de la actualización que recibió la PXL en 2022

Cuando se realizó el primer montaje, las curvas no eran reconocidas por la PXL lo que originó que no se pudieran introducir las mesas con los troqueles, por lo tanto, la actividad se desvió y se tuvo que reorganizar el equipo, la importación de datos igual estaba corrupta ya que al hacerla, los datos que se habían recolectado en EAP no aparecían cuando se importaban hacia PXL.

En total se invirtieron 3 horas tratando de encontrar una solución para la descarga y posterior decodificación del archivo hacia el servidor local de la línea.

A consecuencia de esto, en el consecuente checklist, se incluyen las actividades:

Descarga de datos a USB

Traspaso de USB a Servidor (antes NAS)

Importación de datos desde Servidor a Carpeta “Linie”

Exportación de datos a red local

Importación de datos desde carpeta de EAP (Prensa de ajuste)

Carga de datos Offline

Carga de datos Online

De la mano con el apartado anterior “Identificación de actividades” se pudieron extraer actividades simplificadas fáciles de comprender para el operador y además poder segmentar estas secuencias con el desglose de los pasos individuales; asimismo, se pudieron repartir las acciones con base en la parte de la línea, las condiciones previas y “en vivo” que se realizan en el primer montaje.

Identificados los pasos a seguir en el primer montaje, se enlistan los pasos principales de cada parte de la línea para poder dar un estándar y evitar saltarnos un paso que eventualmente se traducirá en un atraso o retrabajo en el proceso.

La lista resultante queda de la siguiente manera:

Condiciones Previas – Condiciones que se pueden adelantar previo al día del primer montaje

Datos en USB – Descarga de datos vía e-mail a una USB

Creación de Programa en Central (Incluye FOL y EOL)

Creación de programas en Robots Desapiladores – Robots que se encargan de mover la lámina del paquete a las bandas de transporte

Creación de programas en Robots Centradores – Robots que se encargan de acomodar la platina para su correcta disposición en la primera prensa

Creación de programas en Robots Descargadores – Robots que tienen la función de depositar la(s) pieza(s) terminadas en la banda de salida

Creación de programa en cámara de centrado

Descarga de datos de USB-NAS / USB-Servidor – Traslado de archivos al servidor de la línea

Importación de Datos en Carpeta “Linie”

Exportación a EAP – Envío de archivos a la prensa de ajuste

Importación desde EAP – Recepción de archivos editados de prensa de ajuste

Carga de Datos Offline – Carga de secuencia de archivos de operación

Carga de Datos Online – Carga de secuencia de archivos para producción

Línea

Carga de datos – Intercambio (carga) de archivos para producción

Introducción manual de mesas

Introducción manual de toolings

FOL

Revisión de medidas de platina en pallette con hoja de datos – posición de lámina en pallet

Datos de Producto

Edición de lado interior izq/der

Espesor de platina

Selección Lubricadora/Lavadora

Desecho de primer/última platina

Pila sencilla/doble

Acero/aluminio

Tipo de Pallet

Pieza sencilla producida en pallet chico (Desplazamiento sobre TB1)

Introducción de paquete manual

Adopción de datos en brazos "S"

Selección de magnetos acorde forma de la pieza

Adopción de datos en TB1

Adopción de datos en TB2

Selección de Keyence

Adopción de datos en banda de centrado

Revisión de datos válidos

Robots

Revisión de ADC's en Robot 1 y 2

Revisión de ADC's en Robot 3 y 4 (en caso de ocuparlo)

Revisión de puntos en programa de robots de desapilado

Revisión de puntos en programa centradores

Pruebas Finales

Programa de cámara de centrado

Teacheo de Roland

Pruebas en Automático

Prensas/Feeders

Edición/Adopción de datos en Prensas

Maniobra en Feeder 0 para acción en programa de centrado

Revisión de Pick up Feeder 0 – Pick up es la posición de toma de pieza

Revisión de Pick up Feeder 1

Revisión de Pick up Feeder 2

Revisión de Pick up Feeder 3

Revisión de Pick up Feeder 4
Revisión de Pick up Feeder 5
Revisión de Pick up Feeder 6
Revisión Drop Off Feeder 0 – Drop Off es la posición de dejada de pieza
Revisión Drop Off Feeder 1
Revisión Drop Off Feeder 2
Revisión Drop Off Feeder 3
Revisión Drop Off Feeder 4
Revisión Drop Off Feeder 5
Revisión Drop Off Feeder 6
Revisión de datos válidos en prensa
Revisión de datos válidos en feeder

EOL

Revisión ADC's – Secuencia de toma de balken portatooling desde base metálica
Edición de datos para EOL
Edición de datos para Banda de Salida
Revisión de puntos en robots de descarga
Pruebas en Automático

Pruebas Finales

Puntos de colisión – Puntos máximos en los que la línea reconoce que existirá una colisión
Marcha continua – Sincronización de curvas de movimiento Feeder-Prensa-Feeder

Para apoyo de los colaboradores, se proyectan los pasos clave a seguir para realizar las actividades, afín que cualquier colaborador no tenga impertinentes para llevarla a cabo.

Dado que las actividades de un primer montaje están relacionadas con acciones cotidianas del proceso, en el checklist no se desglosa tan a fondo el proceso de cada paso, no obstante, existirá una guía con los pasos desglosados de cada actividad como base para consulta en caso de dudas en el proceso.

4.1.3.2 Guía para cámara de centrado

Las cámaras de centrado son dispositivos ópticos o de visión que se utilizan para determinar y ajustar la posición o alineación de objetos o componentes. Estas cámaras suelen ser utilizadas en procesos de fabricación, ensamblaje o alineación donde la precisión y el posicionamiento preciso son importantes.

Las cámaras de centrado pueden utilizar diferentes tecnologías, como la visión por computadora, sensores ópticos o sistemas de reconocimiento de imágenes, para detectar la posición y alineación de los objetos. Estas cámaras capturan imágenes o datos visuales y luego los procesan para determinar la posición relativa de los objetos o para realizar ajustes precisos.

En el contexto de la industria automotriz, las cámaras de centrado pueden ser utilizadas en procesos de ensamblaje de componentes, como el montaje de carrocerías de vehículos. Estas cámaras pueden ayudar a garantizar que las piezas se coloquen correctamente y se alineen de acuerdo con las especificaciones requeridas.

La cámara de centrado representa un reto para quienes no están familiarizados con lenguaje técnico específico, se trata de la programación de la posición específica que debe adoptar la platina para poder pasar a la primera prensa para ser procesada

La idea de este apartado es crear una guía con la cual, todos los operadores serán capaces de realizar el programa de la cámara de centrado. La finalidad de una guía es encaminar al lector/usuario a una óptima operación del equipo a usar.

La creación de una guía para la programación de la cámara de centrado en el primer montaje es un paso crucial para mejorar la eficiencia y precisión de este proceso. Aunque puede parecer un desafío, existen varias ventajas y beneficios que se obtienen al desarrollar una guía adecuada.

Una de las ventajas principales de crear una guía para la programación de la cámara de centrado es la estandarización del proceso. Al contar con una guía clara y detallada, se establecen procedimientos y pasos específicos que deben seguirse para lograr la programación correcta de la cámara. Esto garantiza que todos los operadores realicen la configuración de manera consistente, evitando posibles errores o variaciones que puedan afectar la calidad o precisión del montaje.

Otra ventaja significativa es la reducción del tiempo de configuración. Al tener una guía que indique los pasos necesarios y los valores óptimos para la programación de la cámara, se elimina la necesidad de realizar ajustes prolongados o experimentar con diferentes configuraciones. Los operadores pueden seguir los pasos de la guía de manera sistemática, lo que acelera el proceso de configuración y reduce los tiempos muertos asociados.

Además, una guía bien diseñada permite la transferencia de conocimiento y facilita la capacitación de nuevos operadores. Al tener un documento claro y conciso que describa el proceso de programación de la cámara de centrado, se proporciona a los nuevos miembros del equipo una referencia práctica que les permitirá aprender rápidamente y realizar la configuración de manera efectiva. Esto contribuye a la continuidad y consistencia del proceso, incluso cuando hay cambios en el personal.

Sin embargo, es importante reconocer que crear una guía para la programación de la cámara de centrado también presenta desafíos. Uno de ellos es asegurarse de capturar todos los aspectos relevantes y los pasos necesarios para una programación exitosa. Esto implica comprender a fondo el funcionamiento de la cámara y las variables que deben tenerse en cuenta para lograr una alineación precisa.

Además, es fundamental mantener la guía actualizada y revisarla periódicamente. A medida que se adquiere más experiencia y se identifican mejores prácticas, es posible que sea

necesario ajustar o mejorar la guía para reflejar los nuevos conocimientos y enfoques. Esto garantiza que la guía siga siendo útil y efectiva a lo largo del tiempo.

En resumen, la creación de una guía para la programación de la cámara de centrado en el primer montaje ofrece numerosas ventajas, como la estandarización, la reducción del tiempo de configuración y la facilidad de capacitación. Aunque presenta desafíos, superarlos y contar con una guía bien desarrollada beneficiará tanto la eficiencia del proceso como la calidad del resultado final.

De acuerdo con las actividades definidas, el proceso de la cámara de centrado se puede dividir en dos partes principales: la preparación previa y la edición de datos en primer montaje.

Esto sirve para poder segmentar la guía en orden de ejecución de actividades.

Con esto, podemos identificar como actividades previas:

- Creación y nombramiento de puntos
- Creación de la secuencia de inspección
- Definición de grupos de vectores

Para entonces pasar en las actividades del primer montaje:

- Guardado de fotografía
- Edición de puntos
- Revisión de secuencia de inspección
- Revisión de grupos de vectores
- Pruebas de medición

El resultado fue una guía de 50 páginas con cada proceso desglosado.

• Índice

•01	<ul style="list-style-type: none">• Condiciones Previas• Creación y nombramiento de puntos	•06	<ul style="list-style-type: none">• Primer Montaje• Revisión secuencia de inspección y grupos de vectores
•02	<ul style="list-style-type: none">• Condiciones Previas• Creación de secuencia de inspección	•07	<ul style="list-style-type: none">• Primer Montaje• Pruebas de medición
•03	<ul style="list-style-type: none">• Condiciones Previas• Definición grupos de vectores		
•04	<ul style="list-style-type: none">• Primer Montaje• Guardado de Fotografía		
•05	<ul style="list-style-type: none">• Primer Montaje• Edición de puntos		

Ilustración 10 Índice de la guía de la cámara de centrado

La guía fue presentada ante el coordinador dando visto bueno, previamente analizada y aprobada por uno de los operadores que domina el tema de la cámara de centrado.

4.1.3.3 Diagrama de Flujo – Mapeo de Procesos

Un diagrama de flujo estandariza una actividad ya que representa los pasos a seguir en caso de que la operación/actividad salga bien o mal.

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que utiliza símbolos y líneas para ilustrar la secuencia de pasos o actividades en un proceso. Es una herramienta visual que permite mostrar de manera clara y concisa la lógica y el flujo de trabajo de un proceso en particular.

Con un diagrama, se podrá describir de manera detallada las diferentes etapas y acciones involucradas en el proceso. Ya que podrá mostrar el orden secuencial de las tareas, las decisiones que se toman en cada paso y las interacciones entre los diferentes grupos de trabajo.

Al utilizar símbolos específicos para representar cada acción o tarea, un diagrama de flujo proporciona una representación gráfica clara de cómo se lleva a cabo el proceso. Esto facilita la comprensión de los flujos de trabajo, identifica posibles cuellos de botella o áreas de mejora, y ayuda a estandarizar y optimizar el proceso en general.

Además, un diagrama de flujo puede incluir elementos como condiciones, bucles y ramificaciones para representar diferentes escenarios y posibles decisiones que se toman en el proceso. Esto permite una mayor claridad en la secuencia de acciones y ayuda a los equipos de trabajo a entender y seguir el proceso de manera consistente.

En resumen, un diagrama de flujo proporciona una representación visual y sistemática del proceso de primer montaje en la línea de prensas PXL, permitiendo una comprensión clara

de las acciones, decisiones y flujos de trabajo involucrados. Es una herramienta valiosa para identificar áreas de mejora, estandarizar el proceso y mejorar la eficiencia y calidad en la producción de las piezas de la carrocería.

El diagrama de flujo surge de la identificación de actividades ya que ahí se pudo observar mediante un diagrama de Gantt las actividades que se pueden hacer de manera simultánea, así como la duración de esta.

Se presentan dos diagramas de flujo a continuación, el de las condiciones previas y el del primer montaje en el día de la actividad designada.

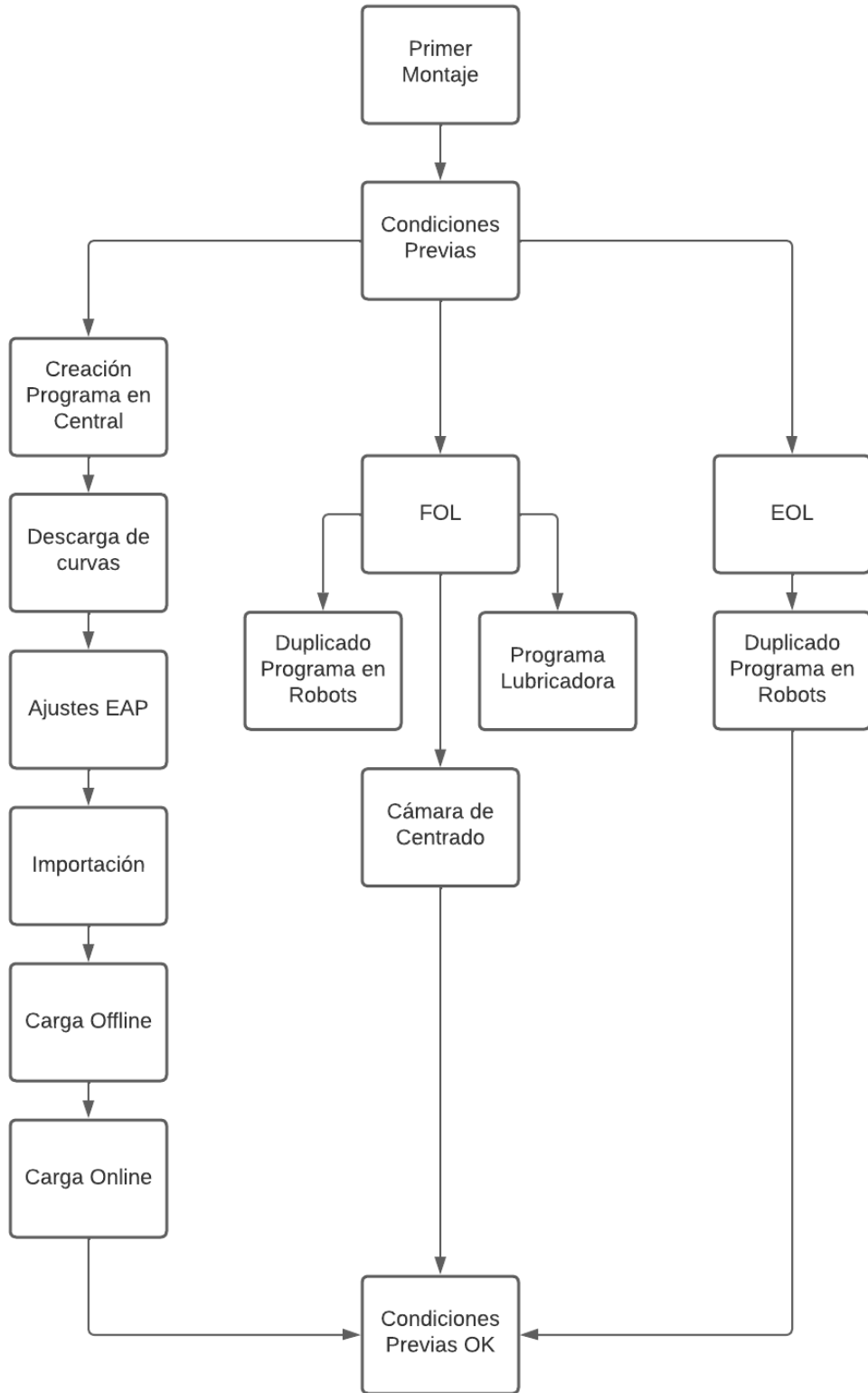


Ilustración 11 Diagrama de Flujo propuesto para las condiciones iniciales del primer montaje

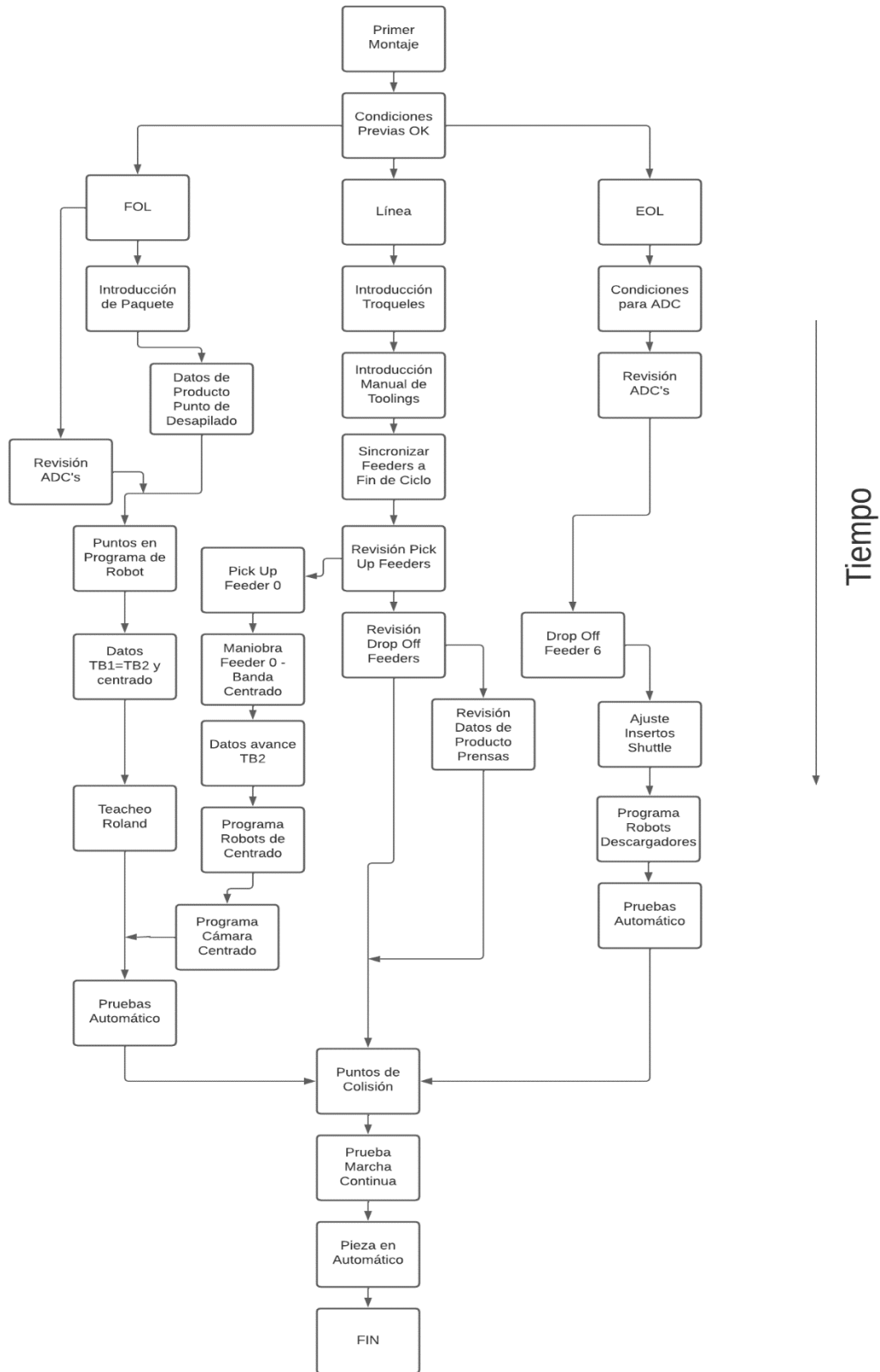


Ilustración 12 Primer diagrama de flujo propuesto para las actividades a realizar el día del primer montaje

4.2 Análisis de los Resultados - Portaplacas

4.2.1 Escenario

El 25 de mayo de 2023 se tuvo la primera oportunidad para poner en uso la estrategia expuesta. El escenario fue el siguiente:

Después de un par de días de incertidumbre acerca de la planeación (hora) del primer montaje en la que esta actividad varió en tres ocasiones y eso merizó de cierta forma el enfoque, preparación mental y motivación de los colaboradores, se definió que el primer montaje del número de parte 8MA 827 115/445/513 se llevaría a cabo el 25/Mayo/2023.

El escenario inicial dependió del primer turno (6:00 hrs-14:00 hrs) en su totalidad ya que la producción planeada acababa 8:00 hrs, no obstante, la producción de ese día acabó 7:30 hrs. Las condiciones previas funcionaron bien debido a que la carga de datos se había realizado en días anteriores.

El inicio lució prometedor, con la seguridad de la revisión de datos como el ajuste de altura y la selección de los sensores superiores, se procedió con la introducción de los troqueles de forma automática ahorrando 30 minutos.

Durante la introducción de los troqueles de forma automática, surgieron fallas de codificación, son datos de producto que se debieron editar en el taller de troqueles, el cual es un punto para observar cómo oportunidad de mejora ya que al hacer la importación de datos se sugiere que no debería existir una segunda o tercera edición de los datos

Los toolings de los feeders se introdujeron de forma manual en donde como la propuesta sugería se involucraría personal del taller, afortunadamente, personal de mantenimiento brindó el apoyo.

Para este punto, el coordinador convocó a una junta para ponernos de acuerdo, cosa que de cierta forma hizo que se perdiera concentración ya que dentro del grupo de operadores se empezaban con las actividades planeadas. Este tiempo puede identificarse como el primer punto que no se consideró en la propuesta planteada; de igual forma, un miembro del equipo tuvo que dar la junta correspondiente a los resultados del día anterior lo que se tradujo en no tener un miembro fundamental del grupo por un lapso de aproximadamente una hora, en ese tiempo esta persona (líder en el FOL) pudo haber hecho más actividades con la persona que lo acompañaba.

A partir de ese momento, surgieron los primeros inconvenientes, el traslape de actividades significa entender las restricciones de seguridad de la línea, para ser precisos, las actividades traslapadas fueron mandar a Pick up los feeders y a la par revisar los ADC's de los robots descargadores, de aquí surge el factor experiencia, la persona encargada de mandar los feeders a pick up era un operador a prueba y por ende no tiene experiencia en dar condiciones cuando el movimiento del feeder no se permite.

De la misma forma, el operador encargado de revisar los ADC's de los descargadores tuvo problemas para abrir y ejecutar el programa, por lo que se le tuvo que brindar apoyo y consecuentemente dejar al operador nuevo a cargo de dar condiciones que desconocía.

Para este momento, se mandó a una de las dos personas (ya que la otra seguía en junta de producción) a empezar con el FOL y la revisión de ADC's, de ahora en adelante según el plan, el FOL y el personal involucrado dejan de tomarse en cuenta para apoyar a otras actividades ya que el FOL es la parte más laboriosa en la que hay que corroborar muchos datos.

Otro inconveniente presentado y que se tomó en cuenta era que los insertos del Shuttle pudieran colisionar o posiblemente causar un daño al robot o a uno de sus componentes, en este caso una manguera.

Según la idea propuesta, se dio preferencia al Drop off del Feeder 6 para que se ajustara el Shuttle, sin embargo, el asunto del inserto y el recargo de la manguera del robot hicieron perder tiempo al no tomar una decisión objetiva

Se procedió a hacer el Drop off del Feeder 6 en el que desgraciadamente se tuvo que hacer el ajuste de todos los insertos, ventosas, localizadores, etc. Aunado a esto, bajo la instrucción del coordinador de que personal del taller marcara la posición de los aditamentos del inserto antes de ajustarlos, el tiempo invertido para el ajuste se vio acrecentado.

La idea de adelantar el proceso del Drop Off del Feeder 6 se refería al adelanto para la realización del programa de los robots descargadores, porque se identificó que el recorrido de la pieza sería una trayectoria nunca hecha con algún número de parte hasta ese momento.

Bajo el diagrama mostrado en la Ilustración 1, la configuración del programa no existía ya que era el siguiente: Uso de Shuttle->Pieza Doble->Balken sin giro->Robot deja pieza con giro->Ventosas en 2 toolings

Por ende, se optó por adecuar el programa cuya base es el programa 77 (Shuttle-->Pieza Doble->Balken sin giro->Robot deja pieza con giro->Ventosas en 4 toolings) y mezclarlo con la configuración del programa 80 (Shuttle-->Pieza Doble->Balken sin giro->Robot deja pieza lineal->Ventosas en 2 toolings). Los puntos clave del uso de estos programas combina de forma indirecta la configuración del primer montaje de esta ocasión: el giro del robot con pieza que involucra un punto de apoyo para el giro del robot y el uso de ventosas en 2 toolings cuya distinción radica en el centro del balken del robot (Tooling Center Point [TCP]) respecto al Shuttle.

De nueva cuenta, la imaginación del operador encargado del EOL se vio limitada debido a la combinación de puntos que se debían consultar para adoptar la posición que la pieza requería en su depósito por lo que se tomó más tiempo del previsto y más apoyo (participación de más personal) en la operación.

En el intervalo del trabajo en el EOL, el operador nuevo pudo acabar con la tarea de mandar a Pick up todos los feeder, lo que se tradujo en un muy lento avance en esta actividad, no obstante, un punto bueno fue que todos los Pick Up's no tuvieron mayor inconveniente.

Es preciso mencionar que la línea en la que se montó esta secuencia fue en Győr (Hungría) en donde se tiene exactamente la misma línea de prensas PXL. Este punto resultó en una

premisa por parte del coordinador en que las cosas a ajustar eran sumamente mínimas en cuanto a los datos de Prensas y Feeders cuando menos.

A la par, en el FOL se comenzó con las condiciones iniciales que se traduce en sacar las mecanizaciones de la referencia que estaba produciendo y poner en posición las nuevas para empezar con el proceso, esto significó de igual forma una inversión de tiempo.

De acuerdo con la planeación prevista, se revisaron los ADC's en donde una persona tuvo que realizar la actividad, ya que la otra estaba presente en la junta de producción, la introducción de paquetes no significó gran ajuste y se llevó sin contratiempos.

El primer contratiempo en el FOL surgió al momento de ver los puntos de los robots desapiladores, en específico del derecho ya que la mecanización requería un ajuste significativo, este paso fue el más tardado, mientras se realizaba este ajuste, se procedió con el traslado de las piezas con el robot izquierdo desapilador para poder dar los datos de producto del ajuste de las bandas de transporte.

Se siguió con la maniobra de mover el Feeder 0 hacia atrás para poder realizar el programa de la cámara de centrado, en este paso, se aprovechó de igual forma para poder revisar el pick up de Feeder 0 y posterior ajuste de las ventosas.

Se realizó la edición de los puntos de la cámara y posterior prueba en automático del programa de centrado y todo salió OK

Un punto que se descuidó de forma breve pero importante fue el Drop Off de los demás Feeders, aunque bajo la premisa expuesta en unos párrafos antes, no debía suponer mayor problema, de igual forma cuando se realizó esta actividad de forma rápida no había alguna persona del taller que pudiera brindar soporte para la corrección de la posición de depósito de la pieza.

Para este punto, ya se tenía terminado el EOL, las Prensas y Feeders, esperando sólo la actividad del teacheo de Roland por parte de Mantenimiento para poder dar condiciones de prueba finales en FOL y así darlo por terminado.

Al ver que ya había una platina lista para ser ocupada, se procedió a adelantar la actividad de puntos de colisión, al no tener esta actividad hecha se pedía mover los feeders para que las prensas pudieran bajar de forma segura, se pidió a un operador hacer este movimiento, sin embargo este operador cedió ante la presión, nervios u otro factor psicológico/mental y no pudo hacer la actividad, desafortunadamente, el coordinador estaba presente, evidenciando la baja capacidad para manejar una situación de este calibre como lo es el primer montaje, por lo que de nueva cuenta se le tuvo que apoyar.

Con esto el coordinador pidió que las personas inseguras dejaran de operar la máquina y así dar rapidez a las últimas partes del proceso, la primera parte de los puntos de colisión avanzó sin alguna novedad, pero en la segunda con el uso de la platina y la intervención del uso de las visualizaciones de las prensas y los feeders al mismo tiempo, se dio una breve explicación del proceso ya que sólo una persona de las 5 que estaban tenía la experiencia en esta parte del proceso.

Dentro de la segunda parte de los puntos de colisión, hay que “simular” las condiciones de producción por lo que se debían abrir las tapas de chatarra, en ese momento surgió otro problema que fue que estos datos no fueron editados por el taller de troqueles, por lo tanto, hace falta definir quién se hará carga de esta actividad.

Como el coordinador estaba presente, de nueva cuenta se hizo el comentario de no querer dar clases cuando la actividad ya estaba atrasada, ante lo cual sólo dos personas se hicieron cargo del término de los puntos de colisión.

Para la última actividad se requerían dos platinas, no obstante, en el FOL se tuvieron problemas ya que un robot no podía tomar platina, y sólo faltaba un juego de láminas para poder hacer la última actividad para poder acabar el primer montaje con la producción de las primeras piezas en automático.

Se hizo un ajuste de un dato de producto (velocidad de bandas) y vinieron fallas en la cámara de centrado (problema que se había presentado antes), por lo que los robots de centrado se ciclaban y dejaban de ejecutar la acción de centrar las láminas. El procedimiento rápido para quitar esta falla es simular el punto desde el control del robot y quitar las láminas de forma manual, no obstante, la inexperiencia del personal se hizo presente evitando que las últimas láminas no pudieran ser alimentadas para acabar con el primer montaje

Vino el cambio de turno y con ello más ideas frescas y la necesidad de mandar la última platina para la prueba de marcha continua, la cual surgió sin problemas y a las 7 horas de haber empezado el primer montaje, salieron las primeras piezas en automático.

Las fallas de calidad surgieron y se revisaron los Drop Off de todos los feeders, teniéndose que ajustar ya sea de forma leve o muy notoria, la distinción de esta falla sugiere importancia por el hecho de la necesidad del coordinador al justificar que nada debía cambiar ya que los datos importados son los que se mandaron desde una línea idéntica de prensas.

En total se invirtió más de una hora y media para ajustar el depósito de las piezas en las diferentes operaciones teniendo problemas con una operación en específico

Asimismo, siguieron las fallas de la toma de platina del robot desapilador derecho, de acuerdo con la información de los montajes anteriores, el ajuste de la toma de lámina de los robots es un tema recurrente, teniendo que prestar atención a esto como un punto primordial.

De igual forma, se tuvieron fallas esporádicas con la cámara de centrado, así como con el robot, esto es un tema que se presenta frecuentemente y represente un área de oportunidad

Finalmente, el tiempo requerido se extendió hasta las 11 horas con los requerimientos planteados, no obstante, cabe recalcar que la primera pieza en automático se produjo a las 7 horas. La herramienta quedó en condiciones de ya producir de forma automática con ajustes pendientes por temas de calidad y por los siguientes puntos:

- Toma de robot desapilador derecho: Posible teacheo de Roland (Mantenimiento)
- Depósito de pieza en OP30: Teacheo de Drop Off previa evaluación de embutido (OP20)

- Cámara de centrado: Reaprendizaje de puntos de centrado, previa evaluación de embutido

4.2.2 Notaciones Negativas

Algunos puntos no previstos en la propuesta hecha son:

- Primer montaje inmediato después de producción normal, lo que se tradujo en un “atraso” para poder poner el FOL y EOL en condiciones de primer montaje
- Variaciones en la planeación: El cambio de horarios y la incertidumbre en la planeación inicial generaron falta de enfoque, preparación mental y motivación en los colaboradores. Estas variaciones no se pudieron anticipar y afectaron el rendimiento del equipo.
- Fallas de codificación en los datos del producto: Durante la introducción automática de los troqueles, surgieron fallas de codificación en los datos del producto que debieron editarse en el taller de troqueles. Esta edición adicional no se esperaba y resultó en una oportunidad de mejora para evitar futuras fallas de codificación.
- Problemas con la apertura y ejecución del programa de los robots descargadores: El operador encargado de revisar los ADC's de los descargadores tuvo problemas para abrir y ejecutar el programa, lo que requirió apoyo adicional. Estos problemas técnicos no se pudieron prever y generaron retrasos en el proceso.
- Necesidad de ajustes adicionales en los insertos del Shuttle: La necesidad de ajustar todos los insertos, ventosas y localizadores del Shuttle durante el Drop off del Feeder 6 no estaba prevista inicialmente. Esta situación requirió más tiempo del esperado y la participación de personal adicional.
- Limitaciones en la imaginación del operador del EOL: La combinación de puntos que debían consultarse para adoptar la posición correcta de depósito de la pieza en el EOL generó dificultades y retrasos. Estas limitaciones en la imaginación del operador no se anticiparon y requerían apoyo y participación de más personal.
- Acompañamiento intermitente por parte de personal de taller ya que por momentos no se tenía apoyo, en otros momentos se tenía a una persona y en ocasiones se encontraban hasta 3 matriceros en el mismo tiempo haciendo ajustes.
- Problemas con el teacheo de Roland y la cámara de centrado: El teacheo de Roland para la toma del robot desapilador derecho y el reaprendizaje de puntos de centrado en la cámara presentaron dificultades y necesitaron evaluación adicional. Estos problemas no se pudieron predecir previamente y requirieron ajustes posteriores.
- Fallas en la calidad y ajustes adicionales: Surgieron fallas en la calidad que requerían ajustes en los depósitos de las piezas en las diferentes operaciones. Estos ajustes no estaban previstos inicialmente y tomaron más tiempo del esperado.

Por ende, podemos identificar como área de mejora:

- Planeación y comunicación: Hubo incertidumbre y cambios en la planeación del primer montaje, lo que afectó la concentración y motivación de los

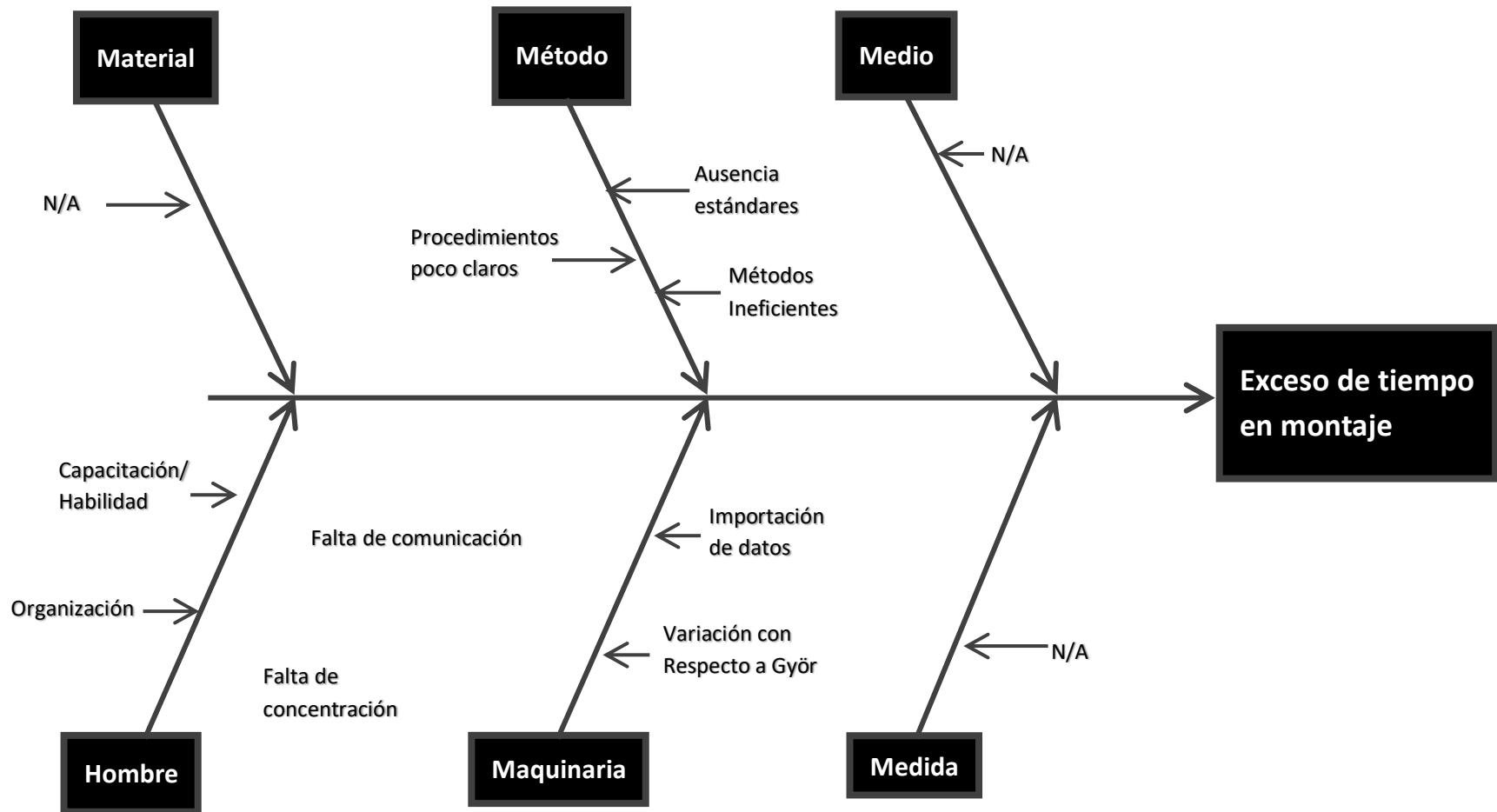
colaboradores. Es importante establecer una comunicación clara y anticipar posibles cambios para evitar interrupciones y distracciones.

- Edición de datos y codificación: Se presentaron fallas en la codificación de datos y fue necesario editarlos en el taller de troqueles. Es recomendable mejorar los procesos de importación de datos para evitar la necesidad de ediciones adicionales y asegurar una transferencia correcta de la información.
- Coordinación de actividades: La convocatoria a una junta durante el montaje y la ausencia de un miembro clave del equipo generaron una pérdida de concentración y productividad. Es esencial establecer una coordinación efectiva de las actividades para minimizar interrupciones y asegurar la participación de todos los miembros necesarios en el momento adecuado.
- Experiencia y capacitación del personal: Surgieron inconvenientes debido a la falta de experiencia y capacitación adecuada de algunos operadores. Es importante contar con personal capacitado y con experiencia en las tareas específicas para evitar retrasos y errores.
- Ajustes del programa y configuración: Se requirieron ajustes en los programas de los robots debido a la configuración particular del montaje. Es recomendable revisar y definir con anticipación los programas y configuraciones necesarios para evitar la necesidad de adaptaciones en tiempo real.
- Tiempos de ajuste y apoyo adicional: Se presentaron tiempos prolongados para realizar ajustes y se requirió más apoyo del personal. Es importante evaluar y optimizar los procesos para reducir los tiempos de ajuste y asegurar que se cuente con el personal adecuado para brindar apoyo cuando sea necesario.
- Seguridad y calidad: Surgieron problemas relacionados con la seguridad y la calidad, como la posibilidad de colisión de componentes y las fallas en la cámara de centrado. Es fundamental priorizar la seguridad y la calidad en todas las etapas del montaje y realizar las evaluaciones y ajustes necesarios para garantizar un producto final óptimo.
- Gestión del tiempo: El tiempo requerido para completar la actividad se extendió más allá de lo previsto inicialmente. Es importante realizar una planificación adecuada del tiempo y establecer metas realistas para optimizar la eficiencia y la productividad.

En la implementación de la estrategia propuesta, se llevó a cabo un ensayo piloto en el cual se buscaba aplicar los principios delineados. Sin embargo, los resultados obtenidos revelaron que la estrategia en su forma original no logró los objetivos esperados. Se identificaron diversas limitaciones y desafíos que afectaron la efectividad de la estrategia, lo que lleva a la necesidad de modificarla para obtener mejoras significativas

4.2.3 Ishikawa

Esta herramienta nos permitirá conocer de forma más precisa los puntos que se deben atacar



Estos hallazgos han llevado a replantear y desarrollar una mejora de la idea propuesta, tomando en consideración los aprendizajes y ajustes necesarios para superar los obstáculos encontrados.

En consecuencia, se ha realizado un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos y se ha diseñado una estrategia modificada que aborda de manera más efectiva los desafíos identificados. Esta nueva estrategia se basa en los principios fundamentales establecidos anteriormente, pero se han incorporado ajustes y enfoques adicionales para superar las limitaciones previas y lograr resultados más satisfactorios

Para poder mejorar se pretende:

1. Estructurar, definir y tratar de respetar el horario del primer montaje ya que como se vio anteriormente, el factor mental/emocional influye en el desempeño del personal
2. Revisión de datos de producto en taller de troqueles en conjunto con personal de Grupo 1, para garantizar la edición de datos correctos, el guardado y posterior exportación para después en PXL importar los datos ya probados en el taller
3. Plantear escenarios de capacitación para personal con menor habilidad o poca experiencia; las pausas de comida son un escenario en el cual se puede hacer uso del tiempo de línea parada para que el personal desarrolle sus habilidades y así en un tiempo de paro prolongado (TPM) se simule un primer montaje para la comprensión de los pasos manuales, visualización de menús y condiciones faltantes para dar liberación.

Como medida inmediata se sugerirá hasta que todos los operadores tengan el nivel de practicidad, se convoque a los operadores con mayor destreza.

4. Establecer la idea de un ajuste en PXL en todas sus partes sin importar de dónde provenga la secuencia nueva para estar prevenidos a la eventualidad y ajuste en cualquier momento. Se pedirá que taller de troqueles haga marcas de referencia en toolings, insertos, etc. para que en caso de un ajuste se vea cuanto ajuste requirió el elemento. De igual forma, se pedirá que los operadores puedan participar en el ajuste de las mecanizaciones como forma de apoyo al matricero.

5. Compartir la información pertinente de parte de Grupo 1 con taller de troqueles para anticipar ajustes con base en la comparación de secuencias ya existentes. El ejemplo surge por la toma de platina de robot desapilador derecho, ya que se tomó como base el programa 174 y se pudo compartir con taller la información para que se comparara la mecanización existente con la nueva y ver diferencias

6. Establecer metas claras sin importar la complejidad de la pieza. A pesar de que una secuencia de troqueles tenga mayor complejidad, todos los números de parte tendrán incidencias específicas, por ello se evitarán comentarios y comparaciones con respecto al tipo de pieza (interior/exterior) que se montará por primera vez a la línea PXL.

7. Acompañamiento por parte de taller de troqueles. Se pretende el apoyo de 3 matriceros para ajustes de mecanizaciones, posición de pick up y por ende la posición de Drop Off, cada uno distribuido con una pareja de operadores donde uno de ellos manejará el Feeder/Robot y el otro acompañará al matricero para poder estar de acuerdo en el movimiento para el ajuste de mecanizaciones, Pick Up y Drop Off

8. Así como en PXL existen operadores con mayores competencias, de igual forma hay personal del taller con más experiencia y habilidad, como medida inmediata, se pedirá el llamado de 3 matriceros cuyas habilidades sean de alto nivel.

4.2.4 Notaciones Positivas

Así como se analizan las áreas de oportunidad y puntos a seguir podemos observar los siguientes puntos positivos:

- El establecimiento de condiciones previas ayudó a ahorrar tiempo ya que la carga de datos fue sin contratiempos, así como la programación de la cámara de centrado y la revisión de los 6 robots.
- La importación de datos permitió que los troqueles pudieran entrar en automático, traduciéndose en un ahorro de al menos 30 minutos
- Las actividades dentro del FOL surgieron sin grandes inconvenientes a pesar del ajuste del robot desapilador derecho.
- A pesar de los acontecimientos del EOL con la revisión de los ADC's, una vez realizado el Drop Off del Feeder 6 y el ajuste de los insertos del Shuttle, no se requirió un retrabajo del programa de los robots descargadores una vez hecho.

Algunas acciones que de igual forma contribuyeron en cierta medida fueron:

- Involucramiento de personal de Mantenimiento para meter los toolings en los Feeders
- Duplicado de programas en robots que permitieron un nulo ajuste
- Imaginación en el programa de los robots descargadores
- Pick Up de los Feeders sin inconvenientes
- Corrida en automático de la cámara de centrado

4.2.5 Estrategia de Optimización – Mapeo de Procesos + Lean Manufacturing

Con base en las notaciones, es necesario modificar el checklist que se propuso ya que resultó poco dinámico al ser muy extensivo en el número de páginas, el nuevo checklist incluirá las actividades de forma más general.

Surgió la propuesta de añadir más actividades durante pausas de comida de días previos al primer montaje como la revisión de ADC's afín de prevenir ajustes que causan más pérdida de tiempo.

De igual forma en el formato de condiciones previas se incluirá la actividad "Creación de programa en lubricadora" y de igual forma para mejorar la información de los datos de producto se implementará la hoja de checklist de datos de producto, el cuál servirá en primera instancia para que se conste que un operador y un matricero de taller certifican los datos que se guardarán, exportarán desde EAP y posteriormente importen a PXL

Libertad de hacer ajuste de mecanizaciones por parte de taller y operadores de línea ya que eso brindará rapidez el proceso de ajuste de mecanizaciones

Establecer de forma emergente 6 operadores de PXL para el primer montaje divididas por parejas y a su vez acompañadas por 1 matricero y 2 personas de mantenimiento en caso de requerir ayuda. Aunque si el proceso lo requiere, se ocuparán dos equipos (uno de 3 personas y otro de 2) en donde se requerirá de dos matriceros y 2 personas de mantenimiento para cualquier eventualidad

Reordenar la realización de actividades en donde será prioridad la actividad de Pick Up's y Drop Off's para así tener de lleno las actividades en FOL y EOL en donde los dos equipos trabajarán sin estorbarse, donde el escenario ideal es que la gente del EOL acabe primero y

pueda empezar con la prueba de puntos de colisión y así ir a medio proceso y tener el FOL listo para tener lista la segunda mitad de los puntos de colisión.

De acuerdo con los resultados observados, el diagrama de flujo de las condiciones iniciales se mantendrá ya que obtuvo resultados positivos, por lo tanto, el diagrama del primer montaje en su día de realización quedará de la siguiente manera:

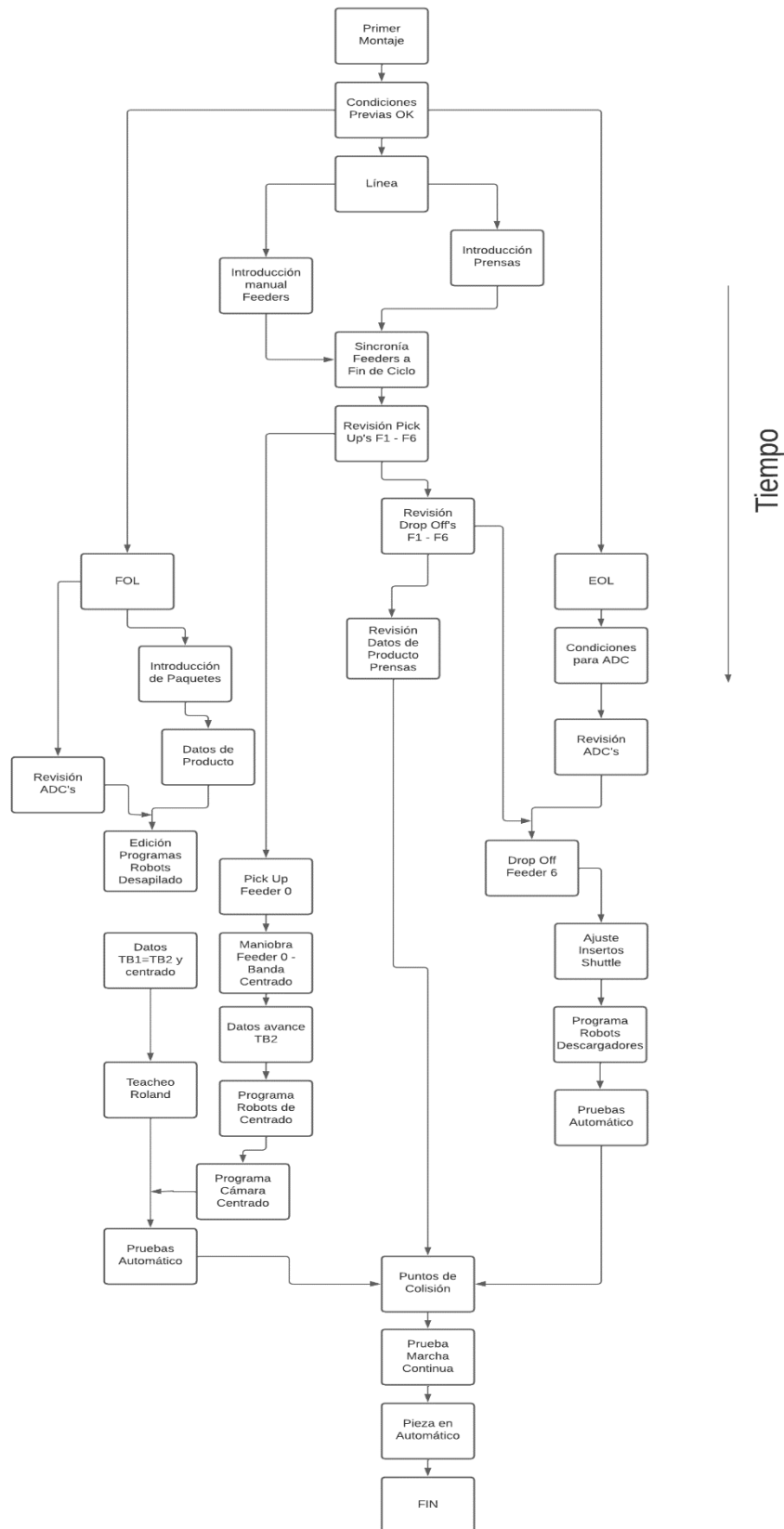


Ilustración 13 Segundo diagrama propuesto para las actividades del día del primer montaje

4.3 Análisis de los Resultados – Siguiendo Referencias

4.3.1 Condiciones de Control

En el ámbito de la producción, existen naturalmente tiempos de paro, éstos y su registro han ido evolucionando con el desarrollo de las tecnologías, pasando de bitácoras escritas a lo que tenemos en esta planta armadora, un sistema de bitácora electrónica (BDE) en el que mediante señales que la línea manda a una computadora se registra el tiempo de producción y los diversos tipos de paro de línea existentes.

Es deber de los operadores de línea declarar estos tiempos de acuerdo con la incidencia que hizo que el proceso se detuviera, la bitácora al ser de origen alemán y medianamente traducido al español hace que se adopten términos en alemán para los paros de línea

Betriebszustand	Dauer [hh:mm:ss]	%
Produktion	6:06:45	81.50
Pause	0:29:59	6.67
TPM	0:24:34	5.46
Störung Qualität Material	0:08:40	1.93
Störung Mechanik	0:07:14	1.61
Ablaufbedingter Stillstand	0:04:44	1.05
gepl. Stillstand (Fertigung)	0:04:09	0.92
Rüsten (System)	0:03:33	0.79
Rüsten	0:00:09	0.04
Transport/Logistik	0:00:05	0.02
Geplante Instandhaltung	0:00:01	0.01
Freie Kapazität/kein Auftrag	0:00:01	0.00
Summe	7:29:59	100.00

Ilustración 14 Captura de pantalla de BDE con ejemplos de algunos de los tipos de paros de línea

En la imagen anterior podemos encontrar los siguientes términos:

- Produktion: Tiempo de producción
- Pause: Tiempo para pausa de comida
- Störung Qualität Material: Paro de línea por calidad del material
- Störung Mechanik: Paro de línea por falla mecánica
- Ablaufbedingter Stillstand: Paros de línea por fallas “comunes” en el proceso como marcas de basura en la pieza prensada
- Gepl. Stillstand (Fertigung): Paro de línea planeado referente a algún tema de producción como sacar piezas de ajuste para taller de troqueles
- Rüsten (System)/Rusten: Tiempo de cambio de herramienta
- Transport/Logistik: Paro de línea por logística (falta de racks, banda de salida le gana a empacador)
- Geplante Instandhaltung: Paro de línea planeado a temas referentes de mantenimiento como prueba de frenos al cambio de turno o alguna reparación planeada
- Freie Kapazität/kein Auftrag: Tiempo donde no se tiene orden de trabajo como turnos sin producción (fines de semana), cambio de orden de trabajo en cambio de herramienta

Uno de estos paros denominado “Werkzeug-Anlauf” es el que se ocupa para el proceso de un primer montaje ya que su traducción se entiende como “Puesta en marcha de herramienta”.

Teniendo clara la definición de la bitácora electrónica (BDE) y el término “Werkzeug-Anlauf” así como su relación, es preciso puntualizar que el tiempo del primer montaje se toma desde

el cambio de orden de trabajo para la línea (Auftrag) pasando por el tiempo de paro declarado como “Werkzeug-Anlauf” y hasta el primer tiempo marcado como producción en la bitácora

Auftrag						
000001438184/0/0001/0						
Zeitraum	Teilenummer		Sollstückzahl	Stück Schicht	Stück Auftrag	Hübe Schicht
14:04 - 20:52	8MA823105		PIEZA EXT.CAPO	22	56	56
Meldezeitpunkt	Dauer [hh:mm:ss]	Hübe Schicht	Hübe Auftrag	Betriebszustand	Bemerkung	
23.07.23 14:04	3:55:32	3	3	Werkzeug-Anlauf	Primer montaje tapa delantera exterior NF.	
23.07.23 18:00	0:30:00	3	3	Pause		
23.07.23 18:30	0:35:05	6	6	Werkzeug-Anlauf	Primer montaje tapa delantera exterior NF.	
23.07.23 19:05	0:01:02	8	8	Produktion		

Ilustración 15 Captura de pantalla de BDE con el tiempo "Werkzeug-Anlauf", el corte con el tiempo de producción y la correspondiente duración

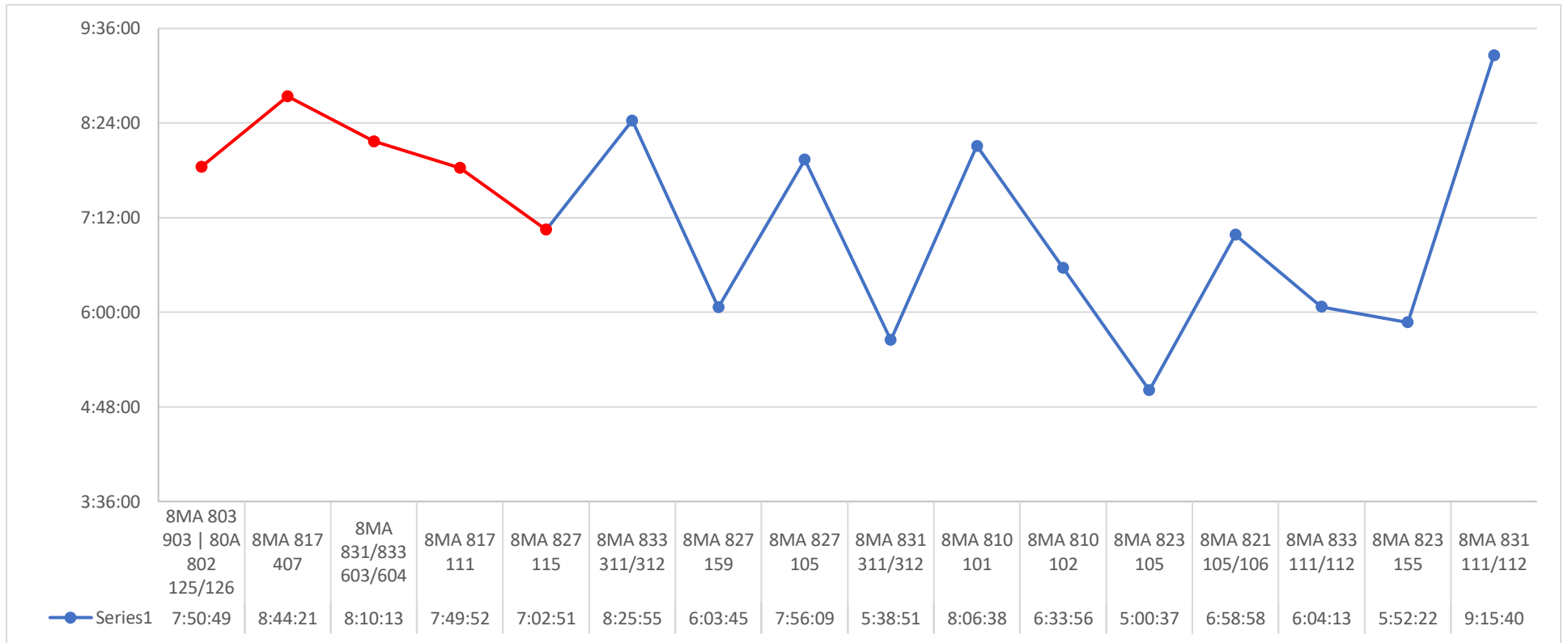
En la imagen podemos observar que la pieza en cuestión es la Tapa delantera exterior NF con número de parte 8MA 823 105, cuyo tiempo de primer montaje se tomó en cuenta con la suma del concepto “Werkzeug-Anlauf” más el tiempo de pausa, la suma de estos tiempos dio como resultado 5 horas con 37 segundos, parámetro que ocuparemos para el muestreo de los resultados en las siguientes referencias

Con base en los reportes del BDE, los tiempos de los siguientes primeros montajes después del ejemplo analizado anteriormente (8MA 827 115/445/513) son:

ID	# Parte	Fecha Montaje	Tiempo Primer Montaje
209	8MA 833 311/312	25/06/2023	08:25:55
215	8MA 827 159	02/07/2023	06:03:45
213	8MA 827 105	05/07/2023	07:56:09
210	8MA 831 311/312	09/07/2023	05:38:51
201	8MA 810 101	11/07/2023	08:06:38
202	8MA 810 102	19/07/2023	06:33:56
212	8MA 823 105	23/07/2023	05:00:37
217	8MA 821 105/106	25/07/2023	06:58:58
208	8MA 833 111/112	12/08/2023	06:04:13
218	8MA 823 155	30/08/2023	05:52:22
207	8MA 831 111/112	14/10/2023	09:15:40

Tabla 7 Número de parte analizados posteriores al Portaplacas (8MA 827 115)

Así entonces, podemos graficar estos datos de la siguiente forma:



Gráfica 7 Tiempos de primer montaje en el proyecto AU436, teniendo como punto de referencia los tiempos después del número de parte 8MA 827 115/445/513

En primera instancia podemos notar (salvo 5 incidencias) una tendencia de tiempos a la baja, lo que se traduce como un acierto las acciones que se han llevado a cabo en esta optimización de proceso.

La interpretación de la gráfica anterior marca 5 puntos altos respecto a la tendencia que iba a la baja en los tiempos de primer montaje, los números de parte involucrados junto con la(s) incidencia(s) que incrementó(aron) el marcador del tiempo de primer montaje es:

8MA 833 311/312 – Puertas Interiores Traseras NF:

- Ajuste de insertos de estación de vacío en Prensa 6
- Ajuste de mecanizaciones de Feeder 6
- Modificación a la curva de movimiento de Feeder 6 para depositar de forma directa las piezas sobre la banda de salida
- Los pasos anteriores se hicieron para evitar el ajuste de insertos y mecanizaciones, así como la vigilancia de colisión de los balken (travesaños) que se ocupan en los robots descargadores

8MA 827 105 – Cajuela Exterior NF

- Programación de cámara de centrado

8MA 810 101 – Costado Izquierdo NF

- Primer montaje con varios carros de trabajo de forma dimensional de pieza
- Modificación en puntos de colisión por colisión con troquel

8MA 821 105/106

- Complejidad en los Drop Off (dejada de pieza) + ajuste de carros de trabajo

8MA 831 111/112

- Complejidad en el Drop Off (Dejada de pieza) en OP50 (Prensa 4) + ajuste de Drop Off's en los demás Feeders
- Modificación en puntos de colisión por colisión con troquel

4.3.2 Six Sigma

Como se puede notar, son 5 las referencias con incidencias mayores, donde se reflejan 4 fallas principales:

- -Cámara de centrado
- -Programación en carros de trabajo
- -Programación de Drop Off
- -Modificación en puntos de colisión

La modificación en puntos de colisión involucra una modificación en datos sensibles de la curva de producción de los feeders, por lo tanto hay que repetir la prueba de puntos de colisión y por ello el tiempo de primer montaje aumenta, desafortunadamente, este retrabajo no depende directamente de los operadores de línea ya que la curva es resultado de una simulación previa mandada desde Alemania; por lo tanto en este punto no hay mucho que

hacer para optimizar la actividad más que hacer el registro para que en Europa lo tomen en cuenta.

Por lo tanto, dentro de este trabajo se encuentran 3 actividades por optimizar con base en las estrategias que se plantearon a lo largo de este documento

Cámara de centrado: Con la guía que se elaboró y se muestra en este documento, los tiempos para la programación de la cámara de centrado han bajado en personal que no estaba acostumbrado a hacer esta parte del proceso, aun así, es una actividad que requiere de práctica para poder dominarla

Programación de Drop Off: El punto malo de esta actividad es que el criterio no puede ser unificado ya que es apreciación personal o grupal la posición óptima de la dejada de pieza en la operación que sigue para producir; el punto a mejorar probablemente es que todo el personal sepa realizar esta actividad ya que involucra un permiso mediante una llave de activación que permite editar estos datos.

Programación en carros de trabajo: Así como la programación del Drop Off, la programación de los carros de trabajo varía en función del criterio del operador así como del troquelero constructor y el troquelero de planta que tiene que supervisar el avance del montaje, el propósito de esta actividad se refiere a que el constructor sólo dice en qué posición quiere el carro de trabajo y el operador ingresa datos para que las válvulas de aire se activen o desactiven para que se realice el movimiento deseado en el lapso requerido; el punto a mejorar es que de igual forma, todos los operadores conozcan cómo programan las válvulas así como poner los valores de vigilancia (Sensores) para el óptimo funcionamiento del troquel.

Conclusiones

Optimizar un proceso de tal magnitud como lo es un primer montaje representa un esfuerzo notorio dada la frecuencia con la que se realiza esta actividad, de igual forma, la importancia que representa este proceso pone un toque especial al reto que significó la realización del presente trabajo.

Se ha abordado de manera exhaustiva la optimización del proceso de primer montaje en la línea PXL de la industria automotriz. A través de un análisis detallado de los problemas recurrentes identificados y la recopilación de información valiosa proporcionada por los operadores de línea, se han propuesto tres mejoras clave: un checklist de apoyo, una guía para la programación de la cámara de centrado y un diagrama de flujo del proceso.

Como se describió, el proceso del primer montaje involucra diversos puntos a supervisar y realizar, de nueva cuenta, hay que recalcar que este proceso es el visto bueno que se da para garantizar que las simulaciones hechas en Alemania, así como el trabajo anterior que se realizó en el taller de herramientas y en la prensa de ajuste sean validados para que la pieza pueda producirse de forma automática en la línea de prensas PXL. La implementación de estas mejoras tiene como objetivo principal estandarizar y mejorar significativamente el proceso de primer montaje, con el propósito de aumentar la eficiencia operativa y garantizar la calidad de las piezas producidas.

El checklist de apoyo ofrece un marco estructurado y detallado de actividades y pasos a seguir, asegurando que ninguna tarea crítica sea pasada por alto. Esto contribuye a minimizar la posibilidad de cometer errores o de omitir pasos esenciales durante el proceso, lo que a su vez mejora la consistencia y confiabilidad del montaje.

La guía para la programación de la cámara de centrado es un recurso invaluable que proporciona instrucciones claras y precisas para configurar adecuadamente esta herramienta crucial en el primer montaje. Al contar con una guía bien desarrollada, los operadores pueden seguir una secuencia lógica de pasos y ajustes, lo que reduce el tiempo requerido para la configuración y mejora la precisión en la alineación de las piezas. Además, esta guía facilita la capacitación de nuevos operadores, ya que les brinda una referencia práctica y detallada para aprender y dominar el proceso de programación de la cámara de centrado.

El diagrama de flujo del proceso proporciona una representación visual y sistemática de las etapas y acciones involucradas en el primer montaje. Esta herramienta gráfica permite una comprensión clara y concisa del flujo de trabajo, identificando las secuencias de tareas, las decisiones críticas y las interacciones entre los diferentes grupos de trabajo. El diagrama de flujo también facilita la identificación de posibles cuellos de botella, áreas de mejora y oportunidades de optimización en el proceso de primer montaje. Además, este recurso contribuye a la estandarización del proceso al proporcionar una guía visual y sistemática para todos los miembros del equipo.

Mejora Continua – Feedback (Retroalimentación)

Como última estrategia para optimizar un proceso a ocupar tenemos la mejora continua, en donde se ha propuesto hacer un feedback en primera instancia entre el mismo grupo donde el portavoz tome la iniciativa para hacer notar los aciertos y áreas de oportunidad para el siguiente primer montaje que le toque al grupo.

En segunda mano, la retroalimentación del GL (Gruppen Leiter/Coordinador [Líder de Grupo]) para poder marcar los pormenores que él observó y así poder seguir mejorando con el pasar de los primeros montajes

En última instancia podríamos aplicar esta herramienta entre los 3 grupos de trabajo para poder elaborar mejores herramientas para poder sobrellevar las dificultades que se tienen en común

La llegada del modelo sucesor y por consiguiente la llegada de las secuencias de troqueles a la nave de prensas para sus posteriores primeros montajes ha hecho que la estrategia propuesta vaya tomando más forma ya que, como se explicó anteriormente, la filosofía de la mejora continua supone que los procesos optimizados vayan mejorando con el tiempo.

La coincidencia del trabajo presente y la llegada del proyecto del modelo sucesor ha significado una emulsión para la rapidez con la que la propuesta de optimización se pudo desarrollar y evolucionar, tal es el grado que ha habido un primer montaje por semana lo que ha permitido modificar las directrices propuestas debido a las singularidades que cada pieza tiene, por ejemplo, el uso de carros de trabajo en troqueles, lo que significa más tiempo invertido para verificar el correcto funcionamiento; la optimización de las curvas del último Feeder de la línea para evitar el uso del EOL y fallas y adecuaciones no previstas que merman la realización del primer montaje.

El proceso de esta travesía ha supuesto en el área de prensas un punto de referencia hacia mejora de procesos que han sido olvidados, teniendo como principal atención al capital humano, la estandarización de conocimientos y por ende la traducción en la eficacia de la realización del proceso

Cabe resaltar que, mediante la implementación del presente trabajo, el tiempo de los primeros montajes se ha visto reducido de forma notoria, pasando de un tiempo de 12 horas a montajes de menos de 8 horas, lo que significa que la estrategia ha funcionado de la mano con la cooperación de los operadores de línea y personal del taller de troqueles con el soporte de personal de mantenimiento

Es importante destacar que la implementación exitosa de estas mejoras requiere un enfoque integral y continuo. Es fundamental establecer un sistema de seguimiento y evaluación para asegurar que el checklist de apoyo, la guía para la programación de la cámara de centrado y el diagrama de flujo se mantengan actualizados y se revisen periódicamente. Asimismo, se debe fomentar una cultura de mejora continua, donde los miembros del equipo estén abiertos a brindar retroalimentación y sugerencias para seguir refinando y optimizando el proceso de primer montaje.

En resumen, este trabajo ha buscado proporcionar soluciones prácticas y efectivas para optimizar el proceso de primer montaje en la línea PXL. Mediante la implementación de un checklist de apoyo, una guía para la programación de la cámara de centrado y un diagrama de flujo del proceso, se espera mejorar la eficiencia operativa, reducir los tiempos muertos, asegurar la calidad de las piezas producidas y fomentar la estandarización en el proceso de primer montaje. Estas mejoras no solo beneficiarán al equipo de trabajo, sino también a la empresa en términos de productividad y eficacia.

Referencias

- Amborio, F. I., López Quintana, I. I., Mata Anaya, Z. A., Mujica Morales, A., & Pérez Chávez, O. (2019). *Proceso de flujo continuo como estrategia*. Instituto Politécnico NAcional.
- Caycho Morales, J. J., & Mendoza Morales, C. A. (2019). *Estandarización de procesos para mejorar la productividad en una línea de ensamble de una empresa fabricante de baterías automotrices*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Cuevas, C. (8 de Septiembre de 2013). *NUMMI Toyota & General Motors*. Obtenido de El círculo: <http://www.circuloeconomiaalicante.com/blog/nummi-toyota-general-motors/>
- Deming, W. E. (2000). *Out of the crisis*. Massachusetts: MIT.
- Díaz Martínez, M. A., Cruz Méndez, A. L., & Ruíz Domínguez, H. S. (07 de Agosto de 2018). Instrumento de diagnóstico y autoevaluación para medir las condiciones organizacionales. *Revista Internacional de Investigación e Innovación*, 6, 14.
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation*. HarperBusiness.
- Josemaria. (19 de 04 de 2023). *Apúntateuna*. Recuperado el 16 de 05 de 2023, de <https://www.apuntateuna.es/nuevo/que-es-la-ley-de-los-rendimientos-marginales-decrecientes.html>
- Krajewsky, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2021). *Operations Management Processes and Supply Chains*. Pearson.
- León, R. (18 de Enero de 2022). Importancia de la estandarización de procesos en las industrias.
- López, G., García, J., & González, M. (2019). Análisis de calidad en el primer montaje de la línea de prensas. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 69-76.
- Martínez, L. (19 de Julio de 2022). *Lider Empresarial*. Obtenido de <https://www.liderempresarial.com/automotriz-la-industria-que-mueve-al-mundo/>
- Medina, J. (16 de Diciembre de 2022). *Value Stream Mapping (VSM): qué es y para qué sirve*. Obtenido de Toyota Material Handling: <https://blog.toyota-forklifts.es/value-stream-mapping-mejorar-procesos>
- Mor, R. S. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30, 899-919. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press.
- Peña, Á. M. (Abril de 2015). La importancia de la optimización en la industria. 159. Obtenido de <https://www.virtualpro.co/editoriales/20150401-ed.pdf>
- Piva, A., & Verti, D. (2017). Standardization and innovation: An empirical analysis of their interactions in the process of product and process innovation. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29-45.

- Rosales M., C. R. (2018). La industria automotriz y su impacto en el crecimiento económico de México. *Revista Científica de Administración, Finanzas e Informática*, 45-55.
- Ruiz Mitjana, L. (29 de Abril de 2019). *Psicología y Mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.com/social/efecto-ringelmann>
- Saavedra, G. F. (2020). Estandarización de procesos y su impacto en el nivel de servicio en una empresa manufacturera. Chiclayo, Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3638/1/TIB_FloresSaavedraGianellaFernanda.PDF
- Salazar López, B. (31 de Octubre de 2019). *Mapa de Flujo de Valor (VSM)*. Obtenido de Ingeniería Industrial Online.com: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mapa-de-flujo-de-valor-vsm/>
- Sandoval, R. S. (1 de Mayo de 2008). Aplicación de enfoque de manufactura esbelta para mejorar la productividad de un proceso de una empresa automotriz. Monterrey, Nuevo León, México: Instituto Tecnológico de Monterrey. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/568828>
- Sydle. (20 de 07 de 2021). *Estandarización de procesos: ¿cómo aplicarla y cuál es la mejor herramienta para ello?* Obtenido de Sydle: <https://www.sydle.com/es/blog/estandarizacion-de-procesos-60f723cfb2503757979bb13b>
- Tojib , D., Sugema, I., & Triandari, Y. (2018). The Impact of Process Standardization, Innovation and Flexibility on Operational Performance in the Automotive Industry. *KnE Social Sciences*, 302-316.
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios, O. M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54.