

## **Sistema de solución inmediata para reducir tiempos muertos en el área de subensamble de una fábrica especializada en la elaboración de sistemas de aire acondicionado, 2024**

*Immediate solution system to reduce downtime in the subassembly area of a factory specialized in the production of air conditioning, 2024*

**Juan Fernando Cardiel Rosales**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[fercardiel00013@gmail.com](mailto:fercardiel00013@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-5221-5403>

**Alejandra Flores Sánchez**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[alejandra.flores@uacj.mx](mailto:alejandra.flores@uacj.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-2002-1330>

**Karla Gabriela Gómez Bull**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[karla.gomez@uacj.mx](mailto:karla.gomez@uacj.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6584-2597>

**Margarita Portillo Reyes**

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

[margarita.portillo@uacj.mx](mailto:margarita.portillo@uacj.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-4692-755X>

### **RESUMEN**

Este artículo presenta el desarrollo e implementación de un sistema de solución inmediata para reducir los tiempos muertos en el área de subensamble de una fábrica especializada en la elaboración de sistemas de aire acondicionado. A través de un enfoque metodológico mixto, se identificaron y analizaron las principales causas de los tiempos muertos, implementando soluciones inmediatas para su mitigación. Los resultados muestran una significativa reducción de los tiempos muertos, mejorando la eficiencia y productividad del área de subensamble.

Se destaca la eficiencia del mantenimiento preventivo, la gestión de inventarios, y la mejora en la comunicación, así como las cualidades de otras metodologías efectivas para aplicarlas a este proyecto.

Este estudio preliminar, sugiere la aplicación de tecnologías de automatización que mejoren aún más la eficiencia en la producción de sistemas de aire acondicionado. Se discuten las implicaciones prácticas y se sugieren áreas para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** Industria automotriz, sistema de refrigeración, mejora continua, eficiencia.

## **ABSTRACT**

This article presents the development and implementation of an immediate solution system to reduce downtime in the subassembly area of a factory specializing in the production of air conditioning systems. Through a mixed methodological approach, the main causes of downtime were identified and analyzed, and immediate solutions were implemented to mitigate them the results show a significant reduction in downtime, improving the efficiency and productivity of the subassembly area.

The efficiency of preventive maintenance, inventory management, and improved communication is highlighted, as well as the qualities of other methodologies to be applied to this project.

This preliminary study suggests the application of automation technologies to further enhance efficiency in the production of air conditioning systems. Practical implications are discussed, and areas for future research are suggested.

**Keywords:** Automotive industry, refrigeration system, continuous improvement, efficiency

## **RESUMO**

Este artigo apresenta o desenvolvimento e implementação de um sistema de solução imediata para reduzir os tempos de inatividade na área de submontagem de uma fábrica especializada na produção de sistemas de ar condicionado. Através de uma abordagem metodológica mista, foram identificadas e analisadas as principais causas dos tempos de inatividade, implementando soluções imediatas para sua mitigação. Os resultados mostram uma redução significativa dos tempos de inatividade, melhorando a eficiência e a produtividade da área de submontagem.

Destaca-se a eficiência da manutenção preventiva, gestão de inventários e a melhoria na comunicação, assim como as qualidades de outras metodologias para aplicá-las a este projeto.

Este estudo preliminar sugere a aplicação de tecnologias de automação que melhorem ainda mais a eficiência na produção de sistemas de ar condicionado. São discutidas as implicações práticas e sugeridas áreas para futuras pesquisas.

**Palavras-chave:** Indústria automotiva, sistema de refrigeração, melhoria contínua, eficiência

## **INTRODUCCIÓN**

La eficiencia en los procesos de fabricación es crucial para la competitividad de las industrias modernas. En la fabricación de sistemas de aire acondicionado, el área de subensamble juega un papel fundamental, ya que cualquier interrupción en esta etapa puede afectar significativamente la producción total. Los tiempos muertos, definidos como los periodos en los que las operaciones se detienen, son una de las principales causas de ineficiencia. Este estudio se centra en la implementación de un sistema de solución inmediata para reducir estos tiempos muertos en una fábrica especializada en la elaboración de sistemas de aire acondicionado.

En este artículo se mencionan algunos de los datos que marcaron un antes y un después en la industria automotriz en México y el gran impacto que tuvo a nivel nacional; se destacan los inicios de algunas de las empresas más reconocidas en este rubro y como fueron abriéndose paso en el mercado. Con estos antecedentes se puede revisar con más detenimiento el problema planteado y como lograr el objetivo general preestablecido.

En México hay empresas que integran la industria manufacturera, sea automotriz, textil, alimenticia, entre otros. El estado con mayor número de fábricas dedicadas a la industria manufacturera es el Estado de México con 65,408 empresas; mientras que Oaxaca cuenta con 53,605, Puebla 53,447. Como se sabe la industria automotriz es el giro empresarial cuyo impacto es una de las mayores fuentes de trabajo y solvencia económica, con aproximadamente 1481 de empresas alrededor del país. No es de sorprenderse que México sea uno de los países más industrializados en todo el mundo, con 611,331 empresas dedicadas a este rubro al finalizar 2023 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024). En 1925, la instalación de líneas de producción de la compañía FORD en México se hace posible debido al desarrollo en Estados Unidos, cuya producción diaria era de 100 autos al día; en 1935 General Motors llega a México para convertirse en el mayor fabricante de autos a nivel mundial, en 1938 Automex (Chrysler) inicia operaciones. Todas estas importantes empresas se centrarían en el montaje automotriz del mercado local (Miranda, 2007).

En 1964 la empresa Volkswagen se estableció en Puebla y la compañía Nissan se estableció en Cuernavaca, Morelos en 1966 con 70 unidades de Datsun Sedan Bluebird producidas

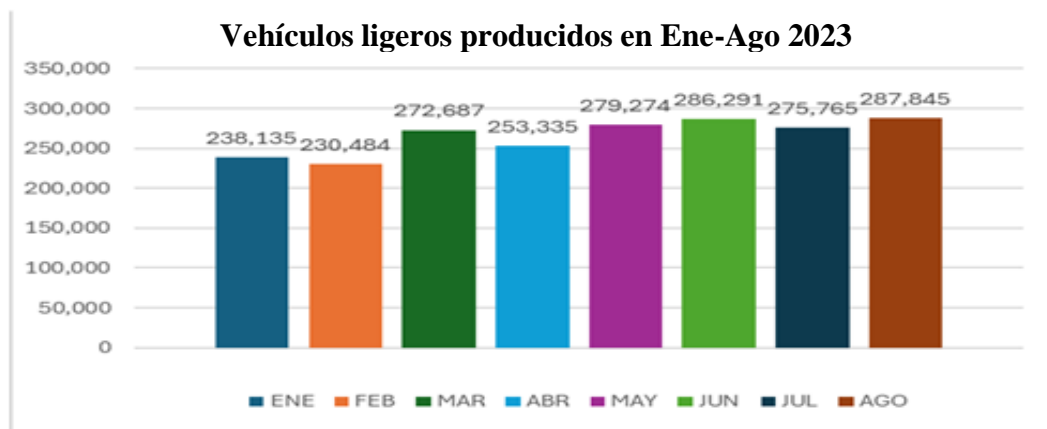
diariamente siendo el primer vehículo de cuatro puertas equipado con un motor OHC y suspensión independiente de cuatro ruedas.

La creciente avalancha de fuertes inversiones de las grandes compañías automotrices de 1968 permitió un aumento en la producción de automóviles de 96,781 unidades a más de 250,000 en 1970. Esto trajo consigo que el lanzamiento del Segundo Decreto Automotriz de 1972 implantó nuevas políticas regulatorias con el objetivo de mejorar el funcionamiento de estas donde se declaró a) un porcentaje mínimo de vehículos destinados al mercado de exportación; b) exportación del 30% del valor de sus importaciones incrementando 10% cada año, donde en 1976 alcanzó el 60% (Durán, 2016).

Existen algunas razones por las cuales las empresas automotrices estadounidenses, europeas y asiáticas decidieron trasladarse a México, pero no fue hasta el año 1990 que Rainer Dombois, científico destacado y cosmopolita alemán, mencionó que los costos de importación de juegos CKD (Completely Knocked Down) eran menores que los costos de importación de vehículos, además de destacar los bajos costos de transporte, mano de obra y expectativas del mercado (Pries, 2019).

La industria automotriz es una de las principales fuentes de ingresos en México generando miles de empleos y millones de dólares permaneciendo en la cultura mexicana a lo largo de casi 100 años. En septiembre del 2023 se registró un total de 2,512,661 unidades producidas por concepto de *vehículo ligero* siendo mayo, junio y agosto los tres meses que más vehículos fabricaron en el periodo enero-agosto 2023 con 279,274 unidades, 286,291 unidades y 287,845 unidades respectivamente. La siguiente Figura No. 1 muestra los números reales de producción de vehículos ligeros en la industria automotriz (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023).

**Figura No. 1: Producción de vehículos ligeros en la industria automotriz.**



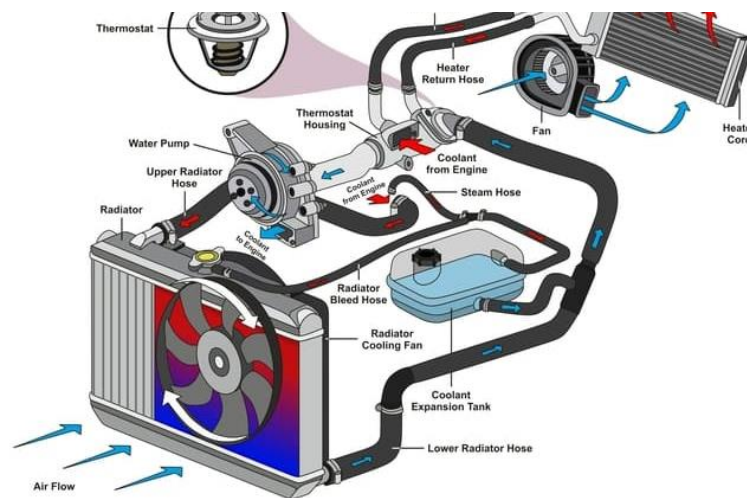
Fuente: INEGI, 2023.

Gracias a los empresarios, el estado de Chihuahua ocupó el primer lugar en generación de empleos de manufactura automotriz aumentando 4.6% alrededor de 8,900 empleos en los municipios de Chihuahua, Juárez y Cuauhtémoc en junio 2022 en comparación con junio del año anterior. Esto provocó que Chihuahua se convirtiera en el cuarto estado más productivo del país alcanzando los 12,000,000 de dólares en exportación de autopartes (Chihuahua Gobierno del Estado, 2022).

En 1994, llega a Cd. Juárez, Chihuahua, México una empresa especializada en el sistema de refrigeración automotriz. La empresa tiene como principal finalidad la fabricación y ensamble de tubos, mangueras y otros componentes necesarios en el sistema de refrigeración de un vehículo.

Uno de los componentes esenciales para el correcto funcionamiento de un automóvil es su sistema de enfriamiento del motor, denominado como sistema de refrigeración teniendo como objetivo mantener una temperatura ideal en la culata del vehículo, asegurar las propiedades lubricantes del aceite y mantener una buena carburación; el rango de funcionalidad es de -30 °C a 120 °C aproximadamente. (Cabrera & Tigre, 2016).

**Figura No. 1: Sistema de refrigeración automotriz**



**Fuente: Autodoc club, 2020**

La temperatura ideal del motor se determina según el tamaño, modelo y tipo de vehículo; para ello, es necesario conocer la manera de la que está estructurado el sistema de refrigeración y que componentes lo conforman. El usuario debe saber cómo este sistema controla la temperatura en el motor y de igual manera, debe saber que hacer para evitar desgaste y averías importantes en el funcionamiento del vehículo ocasionadas por altas temperaturas y mal funcionamiento del sistema.

Como ya se mencionó, cada motor requiere de un sistema de refrigeración que se adapte a sus necesidades, regularmente sus componentes básicos se componen de: radiador, encargado de reducir la temperatura del refrigerante a través del aire circulante que pasa por él; ventilador, encargado del paso constante de aire al radiador; termostato, encargado de distribuir el flujo de refrigerante; depósito, encargado de mantener el refrigerante limpio y en buen estado; bomba, encargado de circular el refrigerante por todo el sistema de refrigeración; líquido refrigerante, es el que circula por todo el sistema ayudando a disminuir la temperatura del motor; líneas de succión/descarga, encargadas de la distribución del refrigerante del motor al radiador y viceversa, el material del cual están fabricadas es comúnmente de aluminio, ensambladas a mangueras de caucho flexible, diodos, switches y conectores (Autodoc club, 2020).

Las líneas de distribución del sistema de refrigeración fabricadas por "la empresa" están hechas de tubos metálicos (comúnmente de aluminio), mangueras de caucho flexible, y otros componentes como diodos, switches y conectores. Este proyecto se desarrolla en una empresa especializada en la fabricación de estas líneas en el sistema de refrigeración cuyo nombre en adelante será "la empresa" por razones de confidencialidad de información en una fase del proceso de fabricación y subensamble de tubos del sistema de refrigeración automotriz.

En la Figura No. 3. se muestra un ejemplo de una manguera de montaje de línea de succión y descarga de sistema de refrigeración de un vehículo Ford Modelo E-350 Econoline año 2007 (A-Premium, 2024)

**Figura No. 2: Manguera de montaje de línea de succión y descarga de sistema de refrigeración Ford E-350 Econoline 2007**



**Fuente: A-Premium, 2024**

## Área de subensamble

El proceso de fabricación de las líneas del sistema de refrigeración está conformado de cuatro fases: fase 1 "subensamble", se compone de seis operaciones (corte, reducción, formado, pulido, perforado y lavado); fase 2 "Soldado", es una de las fases más importantes de todo el proceso pues es la que garantiza el sellado y unión de uno o varios componentes necesarios para el funcionamiento del sistema de refrigeración; fase 3 "doblado", es la que se encarga de darle sentido a los tubos para que puedan encajar correctamente en el automóvil; fase 4 "ensamble final", es el último proceso el cual se encarga de la aplicación de los últimos componentes, uniones, pruebas de escape, dimensionales, eléctricas e inspección.

Todo proceso tiene el propósito de seguir un orden determinado sin presentar mayores complicaciones que afecten el flujo de material, este orden debe respetarse, por lo que un proceso nuevo no puede iniciar sin que el anterior haya terminado aún. Es así como mediante la observación se detectaron tiempos muertos que ocasionan que se retrasen las entregas de las piezas a las siguientes operaciones evitando que se cumpla con el requerimiento diario establecido, restando valor en el producto.

Para desarrollar e implementar la propuesta del Sistema de Solución Inmediata (SSI) en el área de subensamble y reducir tiempos muertos que mejoren la eficiencia y optimización de los procesos productivos en fase 1, es necesario aplicar metodologías y herramientas de detección y control que ayuden a medir el nivel de riesgo del problema encontrando una solución efectiva en el flujo constante de material.

## Metodología

### Diseño del Estudio

Al analizar el problema y las posibles maneras de llegar a una solución, se encontró que la metodología DMAIC fue la indicada para dar solución sencilla, pues se trata de una metodología orientada al mejoramiento y estandarización en cada una de sus cinco fases y/o etapas, así como un enfoque metodológico mixto que combina el análisis cualitativo y cuantitativo (Ocampo & Pavón, 2012).

Se realizaron estudios de caso dentro de la fábrica y se llevaron a cabo entrevistas con el personal operario, supervisores e ingenieros. Además, se realizaron observaciones en las líneas de producción, por medio de toma de tiempos, registrando las muestras de cada operación y desglosando las actividades, desde que toma la pieza del contenedor de materia prima hasta que deja la pieza en el contenedor de producto terminado, tomando nota de las incidencias ocurridas y el tiempo aproximado que tardan en dar solución.

Las operaciones que componen el área de subensamble son: corte, reducción, formado, pulido, perforado y lavado de tubo las cuales fueron objeto de estudio en el desarrollo del primer diagnóstico.

**Corte de tubo.** Esta operación consiste en cortar tubos de aluminio de diámetro 8 mm, 3/8", 1/2", 3/4" y 5/8", con diferentes dimensiones según el modelo. La descarga y colocación de piezas listas en contenedores identificados se realiza simultáneamente al ciclo de la máquina.

**Reducción.** Consiste en disminuir el diámetro del tubo de tal forma que pueda ensamblar dentro de otro tubo y/o componente, se compone en tres ciclos, carga de material en máquina, descarga y ciclo de máquina, cada ciclo depende del siguiente para avanzar a siguiente operación.

**Formado.** Consiste en preparar el tubo para ensamblarlo en un componente que sirve como terminal para poder sujetarla al chasis, radiador y/o línea alterna al sistema de refrigeración, se compone en tres ciclos, carga de material en máquina, descarga y ciclo de máquina.

**Pulido.** Es la operación que elimina la rebaba de la operación anterior, así como formar un pequeño chaflán que ayuda a la pieza a ensamblarse con mayor facilidad en otro tubo y/o componente, se compone en tres ciclos, carga de material en máquina, descarga y ciclo de máquina.



Perforado. Consiste en extruir un orificio en una sección del tubo para poder soldarlo a otro tubo de menor diámetro o una válvula de escape, depende del modelo, es la cantidad de orificios a extruir en la pieza. Esta operación suele ser complicada por la manipulación de la pieza en la máquina.

Lavado de tubo. Consiste en la eliminación de químicos y contaminantes externos de las piezas, se cuenta con 3 máquinas con gran capacidad de lavado en cada ciclo, lo que permite que puedan lavarse distintos modelos de tubos al mismo tiempo.

Cada operación necesita de un operador para poder manipular la máquina, a excepción de la operación lavado de tubo que necesita de dos operadores (uno carga el material a la máquina y el otro descarga y coloca en los contenedores de material lavado).

Las operaciones están alejadas entre sí, por lo que la distancia recorrida para llevar el material varía dependiendo de la ubicación de la máquina de la siguiente operación.

Algunos operadores no tienen la suficiente habilidad para seguir el flujo constante de las piezas.

#### Recopilación de Datos

Los datos se recopilaron mediante observaciones directas en el área de subensamble, esto facilitó el análisis del panorama actual para la etapa siguiente; para esto, se tomaron 30 muestras de cinco cortadoras, cinco reductoras, cinco formadoras, cinco pulidoras, cinco perforadoras y tres lavadoras mediante el uso de cronómetro digital y registrando la información en formatos de control internos para uso exclusivo; los tiempos obtenidos tienen eficiencia del 90% en producción, donde el operador puede dejar la máquina libre aproximadamente 90 minutos para ir a comer o satisfacer diferentes necesidades. Los datos registrados procedentes de una jornada normal de 8 horas en un periodo de diez días hábiles.

#### Análisis de Datos

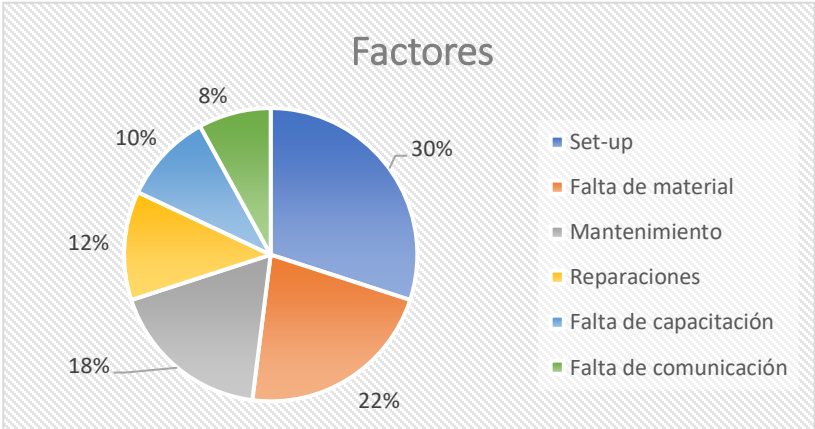
Se utilizaron técnicas de análisis temático para las entrevistas y análisis estadístico descriptivo y de correlación para los datos cuantitativos. Las herramientas utilizadas incluyeron NVivo para el análisis cualitativo y SPSS para el análisis cuantitativo.

De acuerdo con los datos medidos se realizaron entrevistas semiestructuradas para reforzar las mediciones con el punto de vista de operarios, supervisores, jefes de línea, técnico y gerentes, así como cuestionarios diseñados para identificar las causas y efectos de los

tiempos muertos, cada cuestionario consistió en cinco preguntas abiertas donde cada participante era libre de contestar lo que creía correcto, estas respuestas fueron sometidas a un análisis en el software NVivo para conocer el factor cualitativo que más afecta al proceso.

Dentro de las respuestas se encontró que 30% de los participantes consideró que el set up y cambios de modelo en las máquinas eran el motivo principal de la aparición de tiempos muertos en el proceso; mientras que 22% de los participantes consideró que la principal razón de tiempos muertos era falta de material; el 18% opinó que el mantenimiento de la máquina es una razón importante para que el proceso esté detenido; el 12% dijo que reparar una máquina es crítico para mantener un flujo constante; 10% de los participantes mantiene la idea que la falta de capacitación es el principal obstáculo para que las piezas no lleguen a tiempo a la siguiente operación; por último, el 8% de los participantes consideran que mantener una buena comunicación entre todos los involucrados propicia fuertes lazos de compañerismo, vea figura No. 4. Factores que provocan tiempos muertos.

**Figura No. 3: Factores que provocan tiempos muertos**



**Fuente: Elaboración propia, 2024**

Como ya se vio en el análisis anterior, el factor predominante que más afecta el flujo constante del proceso fue tiempos muertos por set-up y cambios de modelo.

Considerando que cada máquina tiene tres ciclos distintos, donde ciclo de carga de material se refiere a cuando el operador toma una pieza y la coloca dentro de la máquina, ciclo de máquina consiste en el proceso de la pieza que transforma la composición física de la misma y ciclo de descarga de material que consiste en retirar la pieza de la máquina y colocarla en el contenedor de material terminado. En la etapa de recopilación de datos, se observaron

factores que podían medirse utilizando el software de análisis SPSS para conocer cuál de estas razones ralentizan el proceso afectando considerablemente el resultado final.

Al someter los datos en el software SPSS dieron como resultados tres factores que disminuyen considerablemente el flujo en el proceso: el tiempo invertido en realizar set-up y cambios de modelos, falta de material y reparaciones en las máquinas siendo el set-up el factor más significativo que provoca retrasos en el proceso.

Se realizó un ejercicio práctico con un equipo de producción reducido previamente capacitado, el cual se dirigía a los puntos clave en el área de subensamble cada que ocurriera una incidencia que provocara paros en la producción, por lo que ingeniería de manufactura colocó banderas de color verde, amarillo y rojo, simulando un sistema de respuesta a problemas que consistió en cambiar las banderas según el problema emergente; verde, todo está en orden; amarillo, hay problemas menores (falta de material, cambios de modelo, entre otros); rojo, el problema es grave, requiere atención inmediata (reparaciones, mantenimientos).

Debido al ruido por las máquinas resultó imposible que mantenimiento, ingeniería y producción acudieran rápidamente a la operación, resultando en colocar radios de comunicación en los puntos clave de la zona del ejercicio en cuestión, esto ayudó a mantener en constante comunicación a los departamentos responsables, por medio de claves que el equipo capacitado ya conocía para agilizar el proceso de solución.

## **Resultados**

Se documentó toda la información en un informe comparando los resultados del análisis inicial y resultados obtenidos después de aplicar la metodología DMAIC hasta la etapa de análisis en el área de subensamble lo que conlleva a la identificación de las causas de los tiempos muertos en las etapas anteriores.

### **Identificación de Causas de Tiempos Muertos**

Las principales causas de tiempos muertos identificadas en el área de subensamble fueron:

1. Fallas en equipos: problemas técnicos y mecánicos en las máquinas de subensamble deteniendo la producción y provocando acumulación en operaciones anteriores y falta de material en operaciones siguientes.
2. Retrasos en el suministro de materiales: demoras en la entrega de componentes necesarios para el ensamblaje, provocadas por falta de planeación.
3. Problemas de coordinación: falta de comunicación efectiva entre diferentes departamentos, provocando retrasos en entregas.

4. Cambio de modelo: pérdida de tiempo al realizar cambios de modelos en el proceso.
5. Capacitación: falta de capacitación a los operadores y retroalimentación de cambios en el proceso.

#### Implementación del Sistema de Solución Inmediata (SSI)

El sistema de solución inmediata toma como principal cimiento los procedimientos, conocimientos, tecnologías y metodologías aplicadas en el sistema de acción inmediata ANDON (cuyo significado es lámpara) implementado en la antigüedad por los japoneses el cual consistía en pequeños pedazos de papel colocados alrededor de una base con una vela en su interior y funcionaba como una señal visual que a la distancia daba un mensaje para comunicar algo.

Actualmente, el sistema ANDON se integra en luces de colores conectadas a unos interruptores, a veces este sistema tiene alerta auditiva como campanas, chicharras o melodías características para avisar al personal de problemas en la línea de producción. El SSI integra todas las ventajas del sistema ANDON como las alertas visuales y auditivas que solo puede ser activada al presentar un posible problema cuya solución tome más tiempo de lo habitual para solucionarse (SafetyCulture, 2024).

Esta implementación además se basó en:

1. Mantenimiento preventivo: programas regulares de mantenimiento para prevenir fallas en equipos y agilizar el tiempo en el que se realizan los cambios de modelo al contar con las herramientas y recursos necesarios con los que se trabajan.
2. Gestión de inventarios: mejoras en la gestión de inventarios para asegurar la disponibilidad constante de materiales, así como implementación de un sistema Kanban.
3. Comunicación y coordinación: implementación de sistemas de comunicación y coordinación en tiempo real entre departamentos.
4. Automatización: adaptación de tecnologías remotas que permitan la comunicación en tiempo real entre el operador y los diferentes departamentos involucrados en solucionar las incidencias en el área de subensamble.

#### Impacto del Sistema

El ejercicio práctico de las banderas sirvió como preámbulo para justificar los beneficios de la implementación del SSI el cual, según su simulación, resultó en reducción significativa de los tiempos muertos, con mejoras observadas en los siguientes puntos:

1. Eficiencia operativa: incremento en la productividad del área de subensamble.
2. Tiempo de ciclo: reducción del tiempo total necesario para completar el subensamble.

3. Satisfacción del personal: mejoras en la moral y satisfacción de los operarios debido a un ambiente de trabajo más fluido y menos interrumpido.
- 4.

### **Discusión**

#### Eficacia del Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, como su nombre lo dice, trata de anticipar las incidencias provocadas por desgaste, fallas, riesgos y accidentes, así como degradación de la calidad de las piezas, entre otros. La eficiencia de este mantenimiento recae en la importancia de programas bien planificados que ahorren tiempo y mantengan las máquinas siempre funcionando (González, 2016).

#### Gestión de Inventarios

La mejora en la gestión de inventarios tuvo un impacto positivo en la reducción de los tiempos muertos relacionados con el suministro de materiales, destacando la necesidad de un enfoque proactivo en la gestión de la cadena de suministro. Esto amplía el panorama para implementar más metodologías como Kanban cuyo objetivo es optimizar los procesos agilizando la productividad y eficiencia sin dejar a un lado la calidad del producto (Bermejo, 2011).

#### Comunicación y Coordinación

La implementación de sistemas de comunicación y coordinación en tiempo real permitió una respuesta rápida a problemas emergentes, minimizando interrupciones y mejorando la eficiencia global.

### **Conclusiones**

A pesar de que el estudio se encuentra en la etapa analizar, se demuestra que un sistema de solución inmediata puede reducir significativamente los tiempos muertos en el área de subensamble de una fábrica de sistemas de aire acondicionado. Las claves para el éxito incluyen un mantenimiento preventivo eficaz, una gestión de inventarios optimizada y una comunicación eficiente entre departamentos. Estas mejoras no solo aumentan la eficiencia operativa, sino que también mejoran la satisfacción del personal.

#### Futuras Investigaciones

Una vez implementado el sistema de solución inmediata, se abordarán las etapas restantes de la metodología DMAIC (mejorar y controlar), en futuras ediciones se mostrarán los resultados ya con el SSI en funcionamiento y como pudiesen enfocarse en la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) para

optimizar aún más la eficiencia y reducir los tiempos muertos. Además, se podría explorar el impacto de estas tecnologías en la calidad del producto y la satisfacción del cliente.

### **Agradecimientos**

Mi sincero agradecimiento a Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez por permitirme realizar este artículo.

Quisiera expresar mi agradecimiento a la Doctora Alejandra Flores Sánchez, la Doctora Karla Gabriela Gómez Bull y a la Maestra Margarita Portillo Reyes que sus conocimientos hicieron posible la conclusión del presente artículo.

A mi pareja Jessica que siempre fue, es y será mi pilar en este camino.

A mi hermana y mis sobrinos que siempre creyeron en mí.

A mis compañeros Patricia, Brenda, Adrián y Nidia por alentarme a aprender cada día más y brindarme su tiempo y apoyo.

## Referencias

- Altertecnica. (2018). Tiempos muertos: Cómo gestionar las paradas productivas según la ley de Pareto. Altertecnica. Recuperado el 9 de abril de 2024, de <https://altertecnica.com/tiempos-muertos-gestionar-paradas-ley-de-pareto/>
- Autodoc Club. (2020). Sistema de refrigeración del motor: Funcionamiento, componentes, problemas. Recuperado el 19 de julio de 2024, de <http://surl.li/zvqcoh>
- A-Premium. (2024). Heater core. A-Premium. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de <https://acortar.link/RSkpL1>
- Bermejo, M. (2011). El kanban. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado el 29 de julio de 2024, de <http://surl.li/lbuckm>
- Cabrera, F., & Tigre, E. (2016). Diseño y construcción de los sistemas de refrigeración de un vehículo formula SAE eléctrico.
- Chihuahua Gobierno del Estado. (2022). Ocupa Chihuahua 1º lugar nacional de ocupación en la industria de manufactura automotriz. Chihuahua Gobierno del Estado. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <http://surl.li/jwzbyu>
- Durán, C. (2016). Desarrollo y estructura de la industria automotriz en México. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13016.pdf>
- González, D. (2016). Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo. Paraninfo. Recuperado el 10 de mayo de 2024, de <https://acortar.link/ZrofLh>
- Harry, M., & Schroeder, R. (2006). Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. Random House.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Directorio Nacional de Unidades Económicas. DENU. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denu/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Industria manufacturera. Cuéntame de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 8 de abril de 2024, de <https://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=e>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). Tabulados interactivos-genéricos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 8 de abril de 2024, de [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?px=RAIAVL\\_8\\_9&bd=RAIAVL](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?px=RAIAVL_8_9&bd=RAIAVL)

- Miranda, A. (2007). La industria automotriz en México: antecedentes, situación actual y perspectivas.
- Ocampo, J. & Pavón, A. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras. Recuperado el 26 de septiembre de 2024, de <https://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- Pries, L. (2019). Homenaje a Rainer Dombois. Sociología del trabajo, 94(1). <https://doi.org/10.5209/STRA.63322>
- SafetyCulture. (2024). Sistema Andon: Cómo funciona el sistema. Recuperado el 8 de abril de 2024, de <https://safetyculture.com/es/temas/sistema-andon/>