

Multidisciplinas de la Ingeniería

Vol. 13, No. 21. Mayo – Octubre 2025

<https://mdi.uanl.mx/>

EISSN: 2395 - 843X

Semestral



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FIME

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Rector

Dr. Santos Guzmán López

Secretario General

Dr. Juan Paura García

Secretario Académico

Dr. Jaime Arturo Castillo Elizondo

Secretario de Extensión y Cultura

Dr. José Javier Villarreal Álvarez Tostado

Director de Editorial Universitaria

Lic. Antonio Ramos Revillas

Director de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Dr. Arnulfo Treviño Cubero

Director de la Revista Multidisciplinas de la Ingeniería

Dr. Arturo Torres Bugdud

Editores Responsables

Dra. Martha Elia García Reboloso

M.A. Alfredo López Vázquez

Edición web

M.A Juan Pablo Garza

Dr. Juan Diego Guerrero Villegas

Edición de estilo y formato

Dr. Juan Diego Guerrero Villegas

Multidisciplinas de la Ingeniería, Vol. 13, No. 21. Mayo – Octubre 2025. Es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Domicilio de la publicación: Av. Pedro de Alba S/N, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, C.P. 64440. Teléfono: + 52 81 83294020. URL: <https://mdi.uanl.mx/>

Editores Responsables: Martha Elia García Reboloso y Alfredo López Vázquez. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2014-102111590900-203. EISSN: 2395-843X. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: en trámite. Responsable de la última actualización: Juan Diego Guerrero Villegas, Av. Pedro de Alba S/N. Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, N.L., México. Fecha de última actualización: 01 de mayo 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

La Revista tiene un Consejo Editorial conformado por miembros de la Universidad Autónoma de Nuevo León y un Comité Científico Internacional con representantes de diferentes partes del mundo. La Revista cuenta con un banco de árbitros(as) pares externos especialistas para el proceso de arbitraje.

El sistema de arbitraje: todos los trabajos serán sometidos al proceso de dictaminación con el sistema de revisión por pares externos, con la modalidad doble ciego.

Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño.

Págs. 01 – 09

La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma.

Págs. 10 – 18

Justificación para la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de weir minerals: un enfoque basado en eficiencia y calidad.

Págs. 19 – 26

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas.

Págs. 27 – 35

Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua.

Págs. 36 – 42

Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

Standardization of processes for special orders in the design stage.

Pamella Lizbeth Palomo Rodríguez ¹

Sammara Elizabeth Bustos Arista ²

María Blanca E. Palomares Ruiz ³

Cesar Sordia Salinas ⁴

RESUMEN

Una empresa C especializada en sistemas de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado (HCAV por sus siglas en inglés) utiliza el Standard Work como una metodología que documenta los procedimientos más eficientes para realizar tareas, garantizando la calidad, consistencia y productividad en las operaciones. Este enfoque estandarizado permite a los trabajadores seguir procesos uniformes, reduciendo errores y optimizando el uso de recursos. Además, facilita la integración de nuevos empleados al reducir significativamente los tiempos de capacitación, gracias a la claridad de los procedimientos.

Para implementarlo, se identificaron los procesos clave de la organización, y se documentaron los pasos específicos de cada tarea. Se realizaron entrevistas con los diseñadores antes y después de la estandarización para evaluar la eficiencia del proceso de capacitación. Se recopilaron datos cuantitativos que revelaron una reducción del 48.15% en el tiempo de capacitación.

Este enfoque no solo ha mejorado la eficiencia operativa, sino también ha proporcionado un marco para la mejora continua, permitiendo a la empresa integrar nuevo talento de manera más efectiva. La estandarización beneficia tanto a los empleados, al ofrecerles un entorno de trabajo más estructurado, como a la empresa, al reducir costos y aumentar la productividad.

PALABRAS CLAVES: Estandarización, procesos.

Fecha de recepción: 10 de octubre, 2024.

Fecha de aceptación: 01 de abril, 2025.

¹ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Estudiante, pamella.palomordrg@uanl.edu.mx, <https://orcid.org/0009-0001-8893-3686>

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, PTC, sammara.bustosar@uanl.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5181-7780>

³ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, PTC, maria.palomaresrz@uanl.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-4079-6969>

⁴ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, PTC cesar.sordiasl@uanl.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-2186-1080>

ABSTRACT

A company specializing in Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems uses Standard Work as a methodology that documents the most efficient procedures for performing tasks, ensuring quality, consistency, and productivity in operations. This standardized approach allows workers to follow uniform processes, reducing errors and optimizing the use of resources. It also facilitates the integration of new employees by significantly reducing training times, thanks to the clarity of the procedures.

To implement it, the organization's key processes were identified, and the specific steps for each task were documented. Interviews were conducted with designers before and after standardization to evaluate the efficiency of the training process. Quantitative data was collected, revealing a 48.15% reduction in training time.

This approach has not only improved operational efficiency but has also provided a framework for continuous improvement, allowing the company to integrate new talent more effectively. Standardization benefits both employees, by offering them a more structured work environment, and the company, by reducing costs and increasing productivity.

KEYWORDS: Standardization, process

INTRODUCCIÓN

Una empresa estadounidense pionera en sistemas de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y refrigeración. Desempeña un papel crucial en el mercado mexicano ofreciendo una variedad de productos y servicios, incluyendo aire acondicionado residencial y comercial, sistemas de calefacción, refrigeración comercial, automatización y controles, y mantenimiento técnico.

El departamento de Sustaining, conocido como "Ingeniería", incluye varios subdepartamentos: Sustaining, Factory Support, Design Services, Schedule B, Laboratory, Special Projects y Engineering To Order (ETO). Enfocándose en el departamento de ETO, este maneja órdenes especiales solicitadas por los clientes, desde la cotización hasta el soporte en producción, diseñando productos como Air Rooftops (ARTs) y Air Handling Units (AHUs).

Se realizó una investigación sobre los procesos necesarios para AHUs, debido a la rotación de practicantes cada seis meses y nuevas contrataciones, lo que prolongaba la capacitación y aumentaba el riesgo de errores por falta de documentación estandarizada. Se decidió documentar los procesos, conocidos como "Standard Work", para estandarizar y facilitar la capacitación de nuevos 6 integrantes.

La estandarización garantiza que los productos y servicios se realicen de manera uniforme, mejorando la calidad y reduciendo errores. Por otro lado, al definir pasos claros y optimizados, se minimizan las variaciones y se maximiza la productividad. De igual manera, los procedimientos estandarizados facilitan la formación de nuevos empleados y aseguran la continuidad del conocimiento.

El término "standard work" se refiere a un conjunto de procedimientos y prácticas documentadas que definen la forma más eficiente y efectiva de realizar una tarea o proceso. Como dice Feng (2008), "Standard work is a product of the Job Methods program. It allows a process to be analyzed for its steps, key points, and reasons for key points." (p.706)

Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

Algunos de los beneficios de implementar los Standard Works son que se garantiza que las tareas se realicen de la misma manera cada vez, lo que resulta en una calidad uniforme del producto o servicio, también ayuda a identificar y eliminar desperdicios, optimizando el uso del tiempo y los recursos, facilita la capacitación de nuevos empleados al proporcionar un proceso claro y documentado y sirve como base para identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes basados en datos reales.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se centró en los procesos de mejora necesarios para el equipo de AHUs cuando se programa una orden especial, lo que inicia la etapa de diseño. Para la empresa C especializada en HCAV es importante el planteamiento de una mejora, así como lo plantea Zayas Barreras (2022) donde afirma: “la mejora continua permitirá que una empresa adquiera la capacidad de permanecer en un mercado.” (p. 6) Tal cual se buscó el mejor método para que tanto el personal y el procedimiento fuera el óptimo para alcanzar las metas esperadas.

Algunas de las problemáticas se identificaron al momento de identificar la diversidad de procedimientos involucrados y por tanto el retraso en la capacitación en los nuevos miembros del equipo. En la capacitación existe una línea en lo que se requiere para el puesto y el perfil de los interesados, tanto como sus habilidades para ejecutar de manera efectiva sus tareas (Guiñazú, 2004), por lo que es de gran relevancia que, al momento de buscar una mejora continua, la actualización de habilidades y conocimientos del personal sea uno de los primeros puntos.

De esta misma manera, Proaño Villavicencio (2017) expresa que: “El plan de mejora es un proceso que se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para así obtener resultados eficientes y eficaces.” (p.52), para que esto suceda de manera exitosa, debe existir una sinergia tanto en la metodología de implementación y la capacitación del personal, si estos dos aspectos se llevan de manera adecuada asegurara a la empresa en una buena posición de competitividad y de servicio.

Un reto importante era la alta rotación de personal, ya que el departamento de Sustaining cuenta con un programa de rotación para practicantes cada seis meses, además de nuevas contrataciones frecuentes, lo que genera una necesidad constante de capacitación. Aunque este reto es de un alto nivel, León-Ramentol et al. (2021) define como: “La capacitación es una de las mejores inversiones en recursos humanos y una de las principales fuentes de bienestar para el personal y la organización; por eso las empresas y las personas deben verla como una inversión que más adelante dará los resultados y metas esperados.” (p.11)

Para abordar esta situación, se decidió documentar y estandarizar los procesos de diseño de las órdenes especiales. La ausencia de dicha documentación prolongaba la capacitación de los nuevos integrantes y aumentaba el riesgo de errores debido a la variedad de metodologías empleadas. De este modo, se buscaba que los nuevos miembros pudieran utilizar la documentación de manera autónoma, sin depender de la asistencia continua del diseñador anterior.

METODOLOGÍA

Una vez identificada la problemática en relación con el proceso de mejora y el reto de capacitación de personal nuevo, como se puede observar en el Grafico 1 se encuentran los procesos implementados por la empresa C especializada en HCAV para la mejora continua.

El estudio realizado se caracteriza por ser correlacional, debido a que como lo refleja Hernández et al. (2010) este se representa por saber cómo se puede manifestar un concepto o variable



Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

dependiente del comportamiento de una u otras variables relacionadas. Tal cual que, en este estudio, se refleja la variable del éxito y mejoramiento de proceso y la variable de la documentación del nuevo personal y su capacitación.

Para esto se decidió utilizar un enfoque mixto para la investigación, dado que, al examinar las distintas opciones disponibles, se identificaron tanto métodos cualitativos como cuantitativos que podrían ser de utilidad. Sin embargo, se concluyó que una combinación de ambos enfoques proporcionaría resultados más completos y enriquecedores.

Se describe que el enfoque cualitativo se aplicó mediante entrevistas semiestructuradas a diseñadores previos y actuales, recolectando percepciones sobre el proceso de capacitación. El enfoque cuantitativo se utilizó para medir la duración del proceso de formación antes y después de la estandarización, lo cual se registró en bases de datos organizacionales.

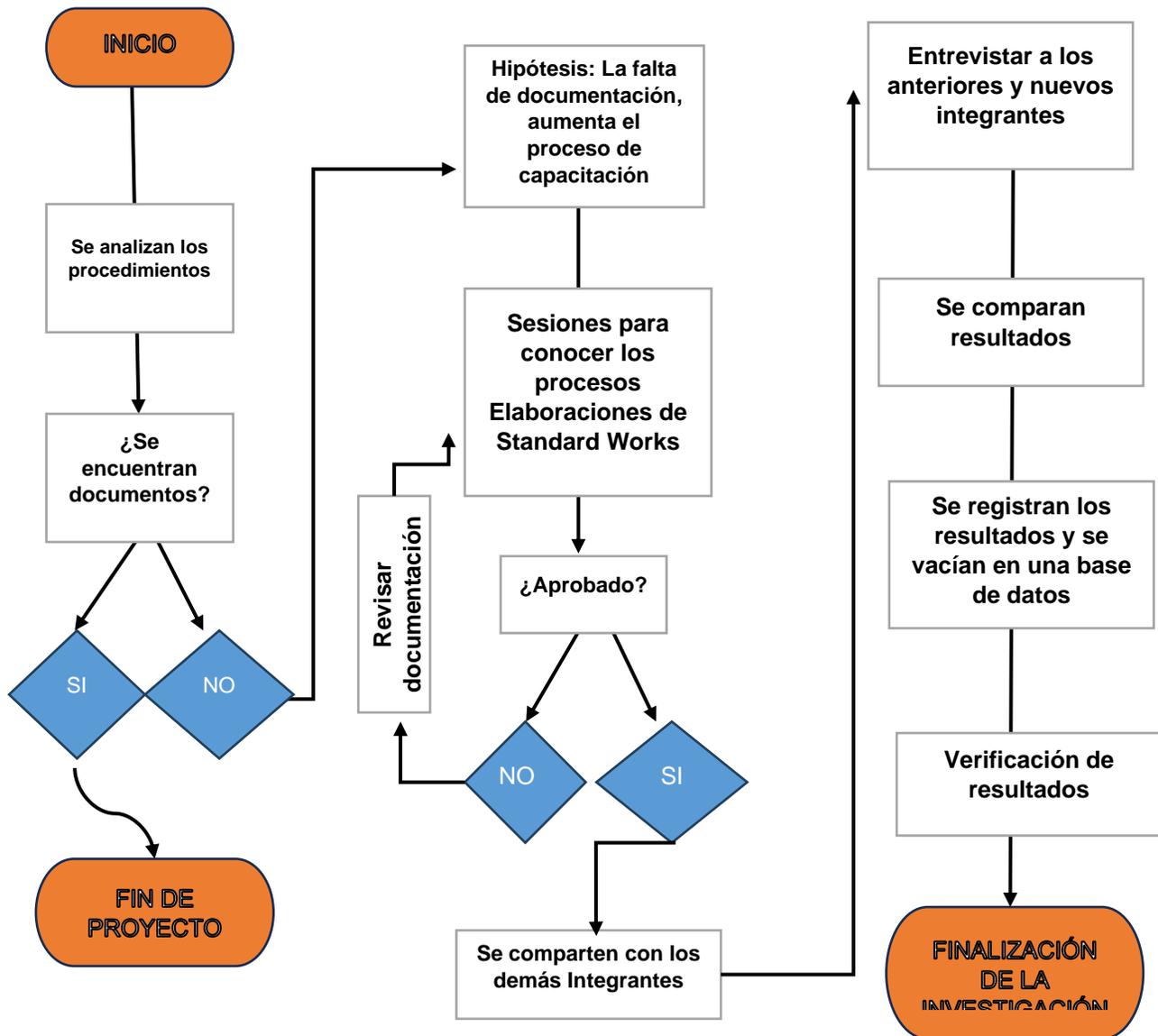


Figura 1. Diagrama de flujo sobre la metodología implementada. Fuente: Elaboración propia

Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

Una vez se realizó el diagrama de proceso, se llevaron a cabo entrevistas con los diseñadores que se incorporaron al equipo antes de la documentación de los procesos y con aquellos que ingresaron después, con el objetivo de conocer, basándose en su experiencia, cómo fue el proceso de capacitación que atravesaron.

Se creó la tabla 1, en la cual registra los procesos de documentación con los datos: fecha de inicio, fecha de finalización y el porcentaje de progreso de cada proceso.

	STANDAR WORK AHUS	%	Fecha de inicio	Fecha de finalización
1	39L BOM	100	01/07/2023	04/09/2023
2	Configuration file	100	01/07/2023	28/08/2023
3	Creation of ECN (Windchill)	100	07/07/2023	18/08/2023
4	Creation of FLAT Drawings	100	07/07/2023	28/08/2023
5	Creation of Levels 1 in SAP	100	14/07/2023	21/08/2023
6	Datastore Information	100	14/07/2023	21/08/2023
7	SAP Information	100	21/07/2023	30/08/2023
8	Windchill Part Number	100	21/07/2023	25/09/2023

Tabla 1. Standars Works. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la **tabla 1**, se puede realizar un seguimiento de cada proyecto estándar por fecha, y los diseñadores pueden comprobar el progreso. Cada uno de ellos tiene acceso a esta información. Una vez finalizados, los proyectos entraron en la fase de revisión, donde fueron evaluados por los diseñadores responsables del diseño, Trabajador 1 y Trabajador 2, del equipo de AHUS. Tras su aprobación, los documentos se compartieron con otros miembros, y las aportaciones de cada uno se pueden obtener a través de un formulario.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se entrevistó a los diseñadores que se unieron al equipo antes de que se documentara el proceso, así como a aquellos que se unieron después de que dicha documentación estuvo disponible. El objetivo principal de estas entrevistas fue conocer, desde su experiencia personal, cómo fue para ellos el proceso de formación. Los diseñadores que participaron antes de la documentación compartieron sus experiencias de capacitación en un entorno menos estructurado, mientras que los diseñadores que se integraron después de la documentación brindaron información sobre cómo el documento influyó y potencialmente mejoró su capacitación. Esto permitió comprender la efectividad de la documentación de procesos en la capacitación e integración de nuevos miembros del equipo.

A aquellos que ingresaron sin contar con los *Standard Works* se les mostró la documentación actual y, tras su análisis, se les solicitó que ofrecieran su punto de vista. En la tabla 2 se encuentran los resultados obtenidos.



Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

<i>Nombre y departamento al que pertenece</i>	<i>Cuando inició su etapa de capacitación, ¿le proporcionaron Standard Works para una mejor comprensión de los procesos?</i>	<i>¿Cuánto duró su etapa de capacitación?</i>	<i>En escala del 1 al 5, ¿qué tan útiles le fueron los Standard Works?</i>	<i>¿Considera que resultó positiva la implementación de los Standard Works?</i>
<i>Lucía Reneé Lara Murrieta ETO</i>	SI	3 meses	5	SI
<i>Fernando Martínez Gómez - ETO</i>	NO	5 meses	5	SI
<i>Alicia Fernanda Guzmán Villarreal ETO</i>	NO	5 meses	5	SI
<i>José Ernesto Eng López ETO</i>	NO	6 meses	5	SI
<i>María Victoria Ortega Rodríguez - ETO</i>	NO	5 meses	5	SI
<i>Alejandra Rodríguez Mata ETO</i>	NO	6 meses	5	SI
<i>Héctor Fabián Lara Martínez ETO</i>	SI	2 meses	5	SI
<i>Fabiola Sánchez López - ETO</i>	SI	2 meses	5	SI
<i>Gloria Estefanía Ramírez Téllez ETO</i>	SI	3 meses	5	SI
<i>Rodrigo Gómez Rosales ETO</i>	SI	3 meses	5	SI

Tabla 2. Respuestas de los entrevistados. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2 se puede observar el contraste entre los trabajadores que iniciaron su capacitación contando con los Standard Works y los que no. La capacitación en el área de empresa es fundamental para poder asegurar consistencia, eficiencia y calidad en la ejecución de tareas, aun mas si se encuentra el reto del rápido cambio de personal; permite además establecer procedimientos de constante mejora, se reducen los errores que puedan interferir en el resultado o la calidad del producto y garantiza una satisfacción al cliente posicionando a la empresa en un alto nivel de competitividad.

De manera inmediata se puede notar la enorme diferencia entre aquellos quienes cuentan con la implementación de mejora de procesos, demostrando que contando con estos conocimientos existe un método más eficiente y efectivo para realizar una tarea o proceso específico. De lo contrario y si la empresa no buscara especializar a sus empleados en el uso estandarizado de sus áreas podría tener como consecuencia que el valor de la empresa podría devaluarse, por no adaptarse a estas nuevas modalidades que se le solicitan, quedando rezagada, acumulando ineficiencia operativa que resulta en mayores costos y menos productividad.



Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

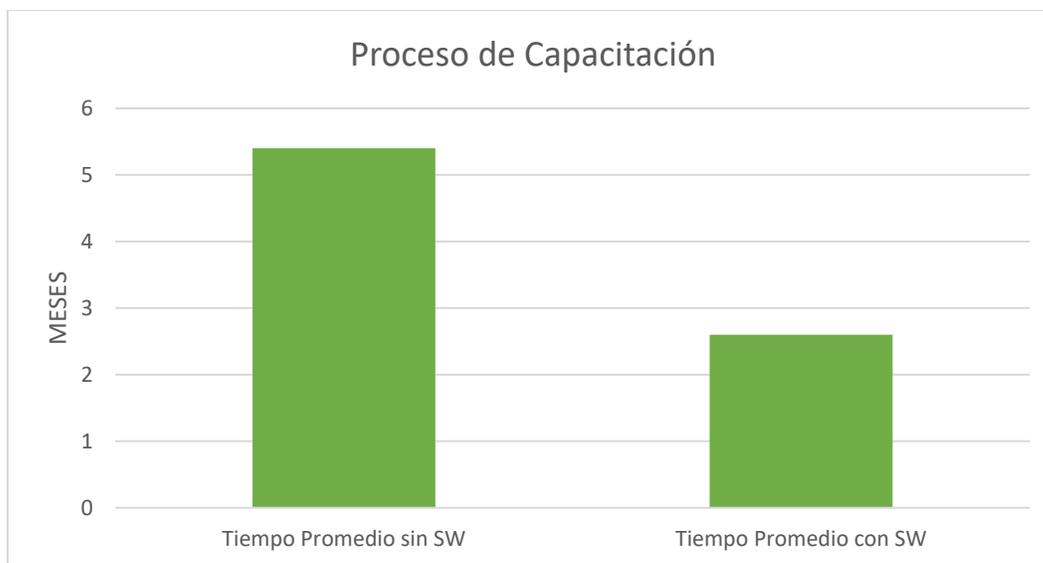


Figura 2. Gráfico comparativo de trabajadores que utilizaron Standard Works y trabajadores que no lo utilizaron. Fuente: Elaboración propia

Al realizar las operaciones necesarias para obtener el valor promedio del tiempo requerido para el proceso de capacitación de los nuevos integrantes antes de la implementación del trabajo estándar, se encontró que se produjo una reducción significativa del 48.15% respecto al tiempo original. Una vez implementado el proceso, se registró un nuevo tiempo promedio de 2.6 meses, ya con la documentación de los procesos en funcionamiento.

La reducción del 48.15% en el tiempo requerido para el proceso de capacitación de nuevos integrantes, después de implementar el trabajo estándar, proporciona importantes beneficios a la organización. En primer lugar, se logra un incremento en la eficiencia operativa, ya que, con el nuevo tiempo promedio de 2.6 meses, los empleados pueden integrarse de manera más rápida y comenzar a contribuir a las operaciones en menor tiempo. Esto permite a la empresa optimizar sus recursos y mantener una continuidad operativa, lo que favorece un aumento en la productividad general.

Además, la implementación de procesos documentados y estandarizados mejora la calidad y consistencia del trabajo. Al recibir una formación homogénea, los nuevos empleados adquieren conocimientos uniformes, lo que reduce la variabilidad en el desempeño y garantiza que se mantengan los estándares de calidad en todas las áreas. Este enfoque contribuye a minimizar errores y a asegurar una mayor satisfacción tanto para el personal como para los clientes.

Por último, la reducción en el tiempo de capacitación implica una disminución en los costos asociados. Al acortar el proceso de formación, se optimizan los recursos invertidos en la capacitación, lo que resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. Este ahorro de tiempo y costos, sin sacrificar la calidad del aprendizaje, permite a la organización integrar nuevo talento de manera más ágil y efectiva.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La implementación de los Standard Works para documentar y estandarizar los procesos de diseño en el equipo de AHUs ha demostrado ser una solución altamente eficaz para afrontar los desafíos previamente identificados en la capacitación de los nuevos integrantes. El proceso de

Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

sistematización de los procedimientos ha logrado optimizar el tiempo dedicado a entrenar a los nuevos miembros, lo que ha permitido no solo una integración más rápida, sino también una mayor consistencia en la calidad del trabajo. Antes de esta implementación, la capacitación estaba marcada por una considerable variabilidad en las metodologías utilizadas, lo que aumentaba el riesgo de errores y prolongaba el tiempo de formación.

Gracias a la estandarización, el riesgo de errores se ha reducido de manera notable, ya que los nuevos empleados ahora tienen acceso a una guía clara y detallada de los procesos que deben seguir. Esta documentación ha servido como un recurso clave, no solo para los nuevos miembros, sino también para los diseñadores más experimentados, quienes ahora pueden consultar los procedimientos estándar para asegurar que el trabajo se realice conforme a las mejores prácticas del equipo.

El enfoque mixto utilizado en esta investigación, que combinó métodos cualitativos y cuantitativos, fue clave para obtener una comprensión más amplia del impacto que la estandarización ha tenido en el equipo. Los datos recopilados a través de métricas objetivas, como el tiempo de capacitación y la reducción de errores, mostraron mejoras notables en la eficiencia operativa. Por otro lado, las entrevistas y encuestas realizadas a los diseñadores proporcionaron una visión cualitativa valiosa, revelando una percepción general de mayor confianza y claridad en sus tareas diarias tras la implementación de los Standard Works.

Además, este proceso de estandarización ha contribuido a establecer un entorno de trabajo más estructurado, en el cual los nuevos miembros pueden desenvolverse de manera autónoma más rápidamente, sin depender de la asistencia constante de diseñadores con mayor experiencia. Esta independencia permite que el equipo mantenga su productividad incluso en períodos de alta rotación de personal, como sucede con el programa de rotación de practicantes.

La estandarización de los procesos de diseño no solo ha fortalecido la capacidad del equipo para integrar nuevos miembros de manera eficiente y efectiva, sino que también ha asegurado la consistencia y calidad en el diseño de órdenes especiales de AHUs. Esta estrategia no solo ha optimizado la gestión de los recursos humanos, sino que también ha fomentado un entorno laboral más organizado, profesional y alineado con los objetivos operativos de la organización, generando beneficios tanto para los empleados como para la empresa en su conjunto. A largo plazo, la implementación de los "Standard Works" representa una base sólida para la mejora continua y el crecimiento sostenible del equipo y la organización.

Asimismo, se sugiere establecer una rutina periódica de revisión y actualización de los procedimientos estandarizados, asegurando así que se mantengan vigentes y alineados con las necesidades actuales y los avances tecnológicos. Es fundamental también capacitar a líderes internos como agentes de mejora continua, quienes puedan fomentar la participación activa del equipo y facilitar espacios de retroalimentación constante. Finalmente, se propone aprovechar herramientas digitales que permitan centralizar, actualizar y compartir la documentación de manera más ágil y accesible para todos los colaboradores.

REFERENCIAS

- Feng, P. P., & Ballard, G. (2008, July). Standard work from a lean theory perspective. In Annual Conference of the International Group for Lean Construction (Vol. 16).
- Guiñazú, G., (2004). Capacitación efectiva en la empresa. *Invenio*, 7(12), 103-116.
<https://www.redalyc.org/pdf/877/87701209.pdf>



Estandarización de procesos para órdenes especiales en etapa de diseño

- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. En McGraw-Hill Interamericana eBooks (p. 613).
<http://148.202.167.116:8080/jspui/handle/123456789/2707>
- León, A. M., Rivera, D. N., Ojeda, Y. E. A., Nogueira, Y. E. M., & Nariño, A. H. (2020). De la documentación de procesos a su mejora y gestión. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial, 4(2), 206-224.
- León-Ramentol, Cira Cecilia, Menéndez-Cabezas, Arturo, Rodríguez-Socarrás, Isis Patricia, García González, Mercedes Caridad, Quesada Leyva, Lidyce, & Quintana Verdecia, Ever. (2021). La capacitación como premisa para implementar un sistema de gestión de la calidad. EDUMECENTRO, 13(2), 19-32. Epub 30 de junio de 2021. Recuperado en 23 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742021000200019&lng=es&tlng=es
- Proaño Villavicencio, D.X. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 50-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.50-56/>
- Qué es la estandarización de procesos, cómo aplicarla y ejemplos. (2023, 21 enero). Hubspot. <https://blog.hubspot.es/sales/estandarizacion-de-procesos>
- Sánchez Mite, C. N., & Villón Vargas, K. F. (2023). Propuesta de estandarización del reproceso en el secado del balanceado en una planta acuícola en el Cantón Durán (Bachelor's thesis). <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26184>
- Zayas Barreras, I. . (2022). La mejora continua: Elemento de competitividad empresarial. Revista Electrónica Sobre Cuerpos Académicos Y Grupos De Investigación, 9(17). Recuperado a partir de <https://mail.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/253>



La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

The improvement in the air handlers manufacturing process throught the six
sigma methodology.

Ricardo Noé Garza González ¹
Víctor Ramírez Montemayor ²
Ezequiel Roberto Rodríguez Ramos ³
Juan Diego Guerrero Villegas ⁴

RESUMEN

En un mundo en el cual existe una mayor competencia a diario en el mercado de los air handlers, el tiempo de fabricación en los mismos se ha vuelto un factor determinante para mantenerse competitivo en el mercado, esto debido a que para la fabricación de unidades estándar hoy en día se maneja un tiempo estimado de fabricación de 28 semanas, las cuales se toman como una meta en el ámbito operativo y así mismo un indicador vital en el aspecto de la capacidad de respuesta y competitividad en la industria de este ramo. Es por esto que, como objeto de estudio, se analizara una empresa que en la actualidad opera con un tiempo de fabricación de 52 semanas, generando una brecha operativa de desventaja en comparativa con las demás empresas que manejan un estimado de 28 semanas en su proceso de producción, se empleará la metodología six sigma para analizar los posibles cambios que se pueden generar con la implementación de la misma.

PALABRAS CLAVES: Six Sigma, Air Handlers, Fabricación, Empresas, Indicadores.

Fecha de recepción: 04 de noviembre, 2024.

Fecha de aceptación: 03 de abril, 2025.

¹PTC. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica UANL. ricardo.garzagl@uanl.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0001-8124-0801>

²PTC. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica UANL. victor.ramirezmnt@uanl.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0006-5939-2864>

³PTC. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica UANL. ezequiel.rodriguezrm@uanl.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0009-2581-0353>

⁴PTC. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica UANL. iguerrerov@uanl.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0005-5030-4955>

La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

ABSTRACT

In a world in which there is greater competition on a daily basis in the air handler market, manufacturing time has become a determining factor to remain competitive in the market, this is because for the manufacture of standard units Today, an estimated manufacturing time of 28 weeks is used, which is taken as a goal in the operational field and also a vital indicator in the aspect of response capacity and competitiveness in the industry of this branch. This is why, as an object of study, a company that currently operates with a manufacturing time of 52 weeks will be analyzed, generating an operational gap of disadvantage compared to other companies that manage an estimated 28 weeks in their manufacturing process. production, the six sigma methodology will be used to analyze the possible changes that can be generated with its implementation.

KEYWORDS: Six Sigma, Air Handlers, Manufacturing, Companies, Indicators

INTRODUCCIÓN

Se llevará a cabo el análisis de una empresa la cual cuenta con una gran experiencia y una sólida capacidad productiva, pero en la actualidad presenta un tiempo de fabricación en sus Air Handlers de 52 semanas, teniendo así una clara desventaja frente a sus competidores, los cuales presentan un tiempo de fabricación aproximado a las 28 semanas, y el cual se ha tomado como un tiempo estándar en la fabricación de los mismos modelos. Se busca comprender las causas que dan origen a esta demora en el proceso, llevando un análisis de prácticas y procesos internos, los cuales pudieran estar asociados de manera directa a la demora en el proceso de fabricación de los Air Handlers, una vez identificadas las causas, se busca emplear la metodología “Six Sigma” en las áreas de oportunidad encontradas para hacer que el tiempo de proceso baje considerablemente y a la vez, se mejore la capacidad de respuesta, así como una mejora en los costos del producto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un sector altamente competitivo en el ramo de los Air Handlers, el tiempo de fabricación en los mismos juega un papel crucial en el mercado. En promedio la fabricación de un Air Handler se tarda 28 semanas, la empresa a la que hacemos referencia en este artículo maneja un tiempo de 52 semanas en su proceso de fabricación, provocando de esta manera una brecha operativa, la cual representa a su vez una amenaza directa a su posición competitiva en el mercado.

El problema puede identificarse como un problema multidimensional, el cual afecta la capacidad de la empresa para poder cumplir en el mercado en tiempo y forma, es importante mencionar que los tiempos de fabricación comprometen las capacidades de la empresa para poder competir en términos de costos y flexibilidad. El impacto financiero se observa de manera directa, el cual esta aunado al aumento de costos operativos, una gestión de inventario que cada vez es más compleja y una capacidad menor para poder responder a las distintas dinámicas del mercado. Por lo que podemos concluir que el objetivo general en esta ocasión se basa en la resolución de abordar las causas subyacentes de la disparidad en los tiempos de fabricación de los sistemas Air Handlers y a la vez garantizar que sea un proceso sustentable en un entorno en el que la evolución es constante.

Dentro de los objetivos generales se puede mencionar que se busca crear un análisis, así como identificar y proponer estrategias efectivas las cuales sean de ayuda para la reducción del tiempo en la fabricación de los Air Handlers en la empresa que es objeto de estudio, para que de esta manera se pueda mejorar la competitividad en el mercado, así como los costos operativos.



La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

Por otro lado al hablar de los objetivos específicos podemos mencionar que se busca realizar un análisis detallado para identificar las causas fundamentales de la brecha en los tiempos de desarrollo de la empresa, así también otro de los objetivos específicos que se tienen en cuenta es el de la implementación de actividades de mejora continua, en donde podemos incluir metodologías como el Six Sigma, como también se hizo mención uno de los factores que se veía afectado de manera directa era el sobre costo, es por esto que dentro de los objetivos específicos también se busca establecer un sistema de seguimiento para el control de distintos métricos financieros, los cuales nos ayudaran en la gestión proactiva de las variaciones de costos y precios en el mercado.

JUSTIFICACIÓN

En la industria de los Air Handlers se ha visto una evolución en las últimas décadas, en donde se pueden apreciar avances en su tecnología, un aumento en la demanda de sistemas de climatización más eficientes y cambios en las regulaciones ambientales, ante estos factores la evolución en el tiempo de fabricación es un factor crítico que define la capacidad de las empresas para ser competitivas y poder así responder a las necesidades del mercado.

El tiempo estándar que se maneja para la fabricación de una unidad estándar mediana en la industria de climatización es de 28 semanas, lo cual representa un punto de referencia para cumplir con los plazos de entrega a los clientes. La empresa en estudio de este artículo opera actualmente con un tiempo de fabricación de 52 semanas para una unidad comparable, por lo que esta diferencia de 24 semanas revela una diferencia operativa considerable, lo que nos genera diversas interrogantes sobre las prácticas y los procesos internos causantes de esta demora significativa. Comprender las razones y causas de esta disparidad en el tiempo de fabricación es una tarea crucial para la empresa debido a que la demora afecta la capacidad de respuesta a las demandas del mercado y se ve amenazada la competitividad en términos de costos y flexibilidad.

En este artículo no solo se busca encontrar la disparidad en los tiempos de fabricación, sino que también se busca contribuir al conocimiento de la industria con prácticas óptimas y estrategias efectivas en la fabricación de Air Handlers.

METODOLOGÍA

El tipo investigación que se emplea es mixto, ya que en consideración a su enfoque se debe de emplear la aplicación de conocimientos teóricos y prácticos para la resolución del problema planteado con anterioridad en donde se busca dar solución al proceso de fabricación de los Air Handlers mediante la aplicación de principios y metodologías de mejora continua.

A través de un modelo de gestión el cual nos ayudara en la identificación de los elementos principales, para de esta manera alcanzar el objetivo específico de la producción, viéndose reflejado en un buen servicio al cliente con reducción en los tiempos de entrega, teniendo interrelaciones y dependencias cuyas funciones se centran en coordinar los elementos de manera integral, identificando al mismo tiempo las herramientas estratégicas que nos ayudaran para una gestión efectiva, basándonos en 4 practicas principales, las cuales son;

- **Estrategia:** en este apartado la clave del éxito reside en que la empresa mantenga un enfoque constante en sus diversas estrategias de negocio, en donde la estrategia no solo busca el desarrollo central del negocio, sino que también se esfuerza por tener un crecimiento continuo, este punto se considera el pilar fundamental para un éxito a largo plazo.

La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

- **Ejecución:** Cuando hablamos de ejecución se debe tomar en cuenta el cumplimiento de los objetivos establecidos y de la misma manera superar dichos objetivos, este componente de modelo se centra en la implementación efectiva de las estrategias, así como el logro de los resultados planificados
- **Cultura:** al llegar a este punto nos damos cuenta, de que la creación de una cultura orientada el rendimiento es de suma importancia, ya que esta cultura valora el desempeño excepcional de mejor manera que cualquier otra opción promoviendo de esta manera un ambiente en donde se fomente y se realice una distinción por el buen rendimiento, así mismo es importante tener el valor de enfrentar a aquellos que no cumplen o aportan con los estándares de excelencia.
- **Estructura:** se recomienda la adquisición de una buena estructura organizativa horizontal, ya que de esta manera se logra trabajar con una mayor rapidez y flexibilidad, esta estructura influye en la realización de una operación rápida y sencilla en todas las facetas de la organización al verse reducida de una manera significativa la burocracia y simplificar los procesos de trabajo.

Para entender de una mejor manera como se aplican los puntos antes mencionados, podemos observar la imagen, donde se muestra el diagrama de los puntos antes mencionados (figura 1).

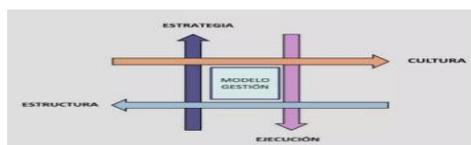


Figura 1 “Cuatro practicas principales para un modelo de gestión”

Fuente: Elaboración propia en base científica y práctica

El estudio se centra en el proceso de optimización de manufactura de los Air Handlers, en donde se podrán observar 4 líneas de ejecución (orden, liberación a producción, producción y por último la integración) teniendo como objetivo principal la identificación de distintas áreas de mejora, puntos críticos y áreas de oportunidad para optimizar la eficiencia y la calidad del proceso en su totalidad, una vez identificados los factores que influyen en dichos procesos se deberá de aplicar la metodología seleccionada para el mejoramiento en la eficiencia del proceso de fabricación de los Air Handlers.

En cada una de las líneas de ejecución (orden, liberación a producción, producción y por último la integración) se deberán de recopilar datos relevantes, estos datos recopilados se combinaran con el uso de un Value Stream Map, para poder visualizar de una mejor manera y poder así comprender el flujo de trabajo y la eficiencia de cada proceso, el seguimiento diario nos ayudara en la identificación de cualquier problema o área de oportunidad en el desempeño del proceso, dentro de los datos recopilados podremos encontrar tiempos de ciclo, tiempos de espera, tamaños de lotes, defectos entre otros indicadores de importancia.

Con la información obtenida del seguimiento diario, así como un análisis del Value Stream Map, podremos con mayor facilidad establecer algunos indicadores que nos sean de ayuda para evaluar la eficiencia, calidad y productividad en cada etapa, sirviendo, así como base para la toma de decisiones y para la implementación de mejoras continuas en el proceso de fabricación de Ari Handlers, con base en la información de áreas recopiladas, se diseñó un Value Stream Map a futuro, el cual representa el flujo de trabajo optimizado en el cual se han identificado y reducido los tiempos en cada proceso que manejaba un área de oportunidad. Las mejoras propuestas en el Value Stream Map se centra en el aumento de la eficiencia y la reducción de tiempos de ciclo en todas las etapas del proceso de fabricación de Air Handlers, en donde se pueden incluir actividades que no agregan valor, así como la optimización de flujos de trabajo, la reducción en tiempos de espera y la

La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

implementación de prácticas más eficientes, con el diseño del Value Stream Map se busca tener una referencia de cómo se espera que funcione el proceso una vez que se implementaron las mejoras propuestas, así mismo nos ayudara para evaluar un impacto en las mejoras de eficiencia y calidad en el proceso de fabricación de Air Handlers.

En el paso 1 del proceso se comienza con la ejecución del proyecto en donde nos apoyamos con la elaboración de un mapa de flujo (figura 2) del proceso que se lleva en la actualidad para poder identificar el orden del proceso de elaboración de Air Handlers y tener un punto de partida, para la comparativa de resultados una vez aplicado el proceso.

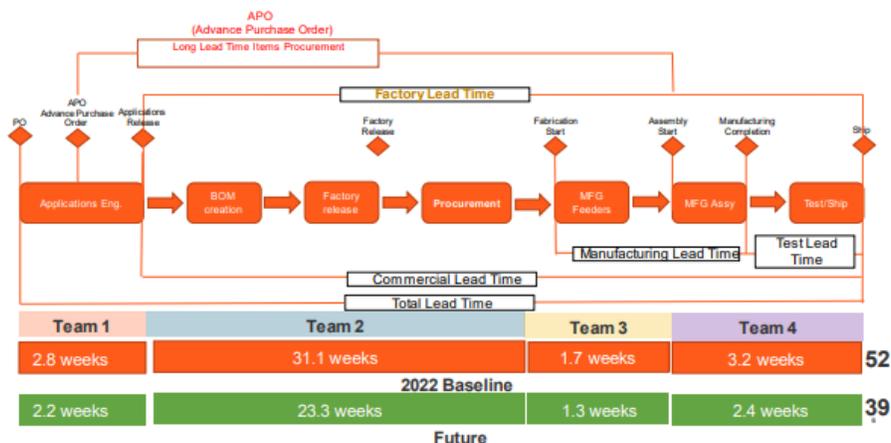


Figura 2 Mapa de flujo de proceso actual

Fuente: Elaboración propia

Una vez que se creó el mapa de flujo actual se pudieron determinar los tiempos de proceso actuales, de cada paso del proceso, en donde se planteó tener una mejora del 25% en términos relacionados con el tiempo de fabricación, trazando así una meta de producción de Air Handlers en un periodo máximo de 39 semanas, siendo este tiempo el objetivo a alcanzar y teniendo un gran avance significativo en caso de que se llegue a cumplir esta meta, para una representación más grafica de lo antes mencionado se realiza un mapa flujo actual en donde se proyectan las metas a alcanzar (figura 3).

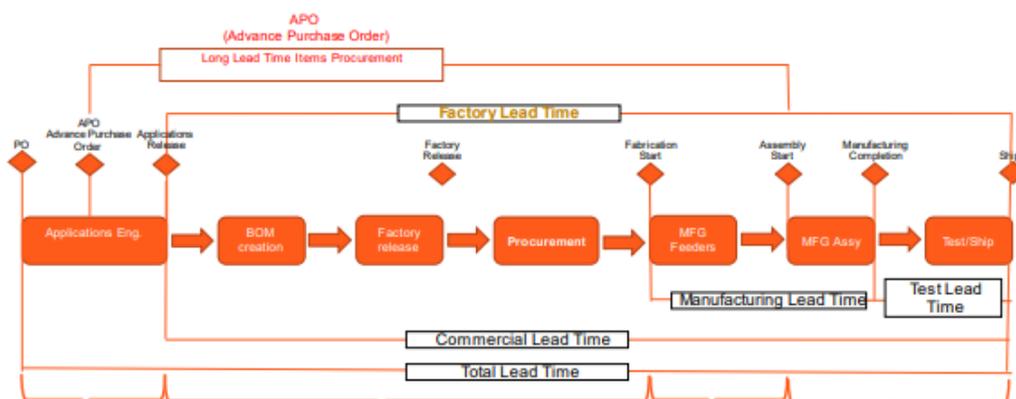


Figura 3 Mapa de flujo de proceso actual con la proyección de mejoras en tiempo de elaboración de Air Handlers en un periodo de 39 semanas

La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

Una vez que se realizó un análisis del proceso y se identificaron los puntos clave del mismo, así como los tiempos muertos que afectan en el proceso, se parte con las ideas de mejora, teniendo así 9 actividades principales, las cuales son necesarias en cada etapa del proceso, estas etapas son las siguientes; Order entry, Mechanical Diagram, Electrical Diagram, Creación de submittal, revisión para liberación, solicitud de modificaciones o actualizaciones, modificación del diagrama mecánico, modificación del diagrama eléctrico y la liberación a producción. Para entender de una mejor manera las etapas antes mencionadas se crea un Value Stream Map el cual podemos observar en la figura (4).

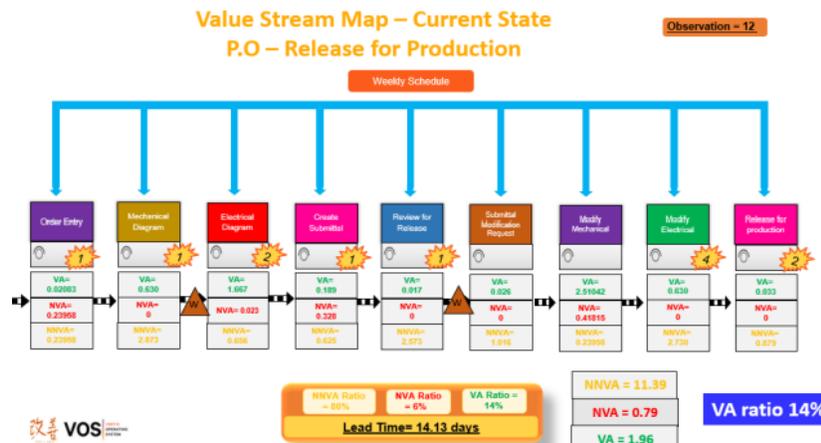


Figura 4 Mapa de relación de las áreas de producción

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Durante los procesos aplicados se pudieron observar e identificar las distintas áreas de oportunidad que se presentaron dentro de la empresa antes mencionada basándonos en un proceso de análisis detallado como se pudo observar en los mapas de valor que se mostraron anteriormente. Se observa que, en las líneas de producción, así como en otras áreas se debe implementar una mejora para la optimización de la productividad.

Con los datos recolectados se pudieron identificar cuatro aspectos importantes, los cuales generan el mayor punto de ineficiencia en la producción de los Air Handlers, el primer punto que se identificó es el de la materia prima, ya que cuando se realiza el corte de la misma para la elaboración del producto, en donde se pudo observar que el proceso es lento, debido a que se lleva a cabo de manera personal por un operario el cual realiza el corte mediante una tijera para lamina y un flexómetro llegando a un punto en donde los errores pueden aparecer debido a la alta tasa de error que se puede suscitar. Esto va de la mano del segundo punto que se encontró, el cual hace referencia a la calibración de la máquina con que se cortan las piezas, la cual tiene que ajustarse cada vez que se hace un cambio en el calibre del material, ya que se trabaja con distintos calibres de materia prima, en este aspecto se relaciona el tercer punto clave identificado, el cual está relacionado con la manipulación de las máquinas de corte antes mencionadas, esto debido a que los operarios no cuentan con la capacitación suficiente en el ramo y comenten diversos en la puesta de los equipos antes mencionados.

Al llegar a los 2 puntos finales se pudo dar cuenta que estos también están relacionados con la maquinaria que se utiliza para el corte de las piezas, ya que presentan un nulo mantenimiento, lo que a su vez provoca diversos daños en los mismos equipos, teniendo así diversas fallas técnicas, las cuales se ven reflejadas de manera directa en el proceso de elaboración de los Air Handlers y a su vez en el tiempo de entrega tan distante a las demás compañías.



La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

Posterior a la detección de las distintas áreas se procede a la aplicación de la metodología Six Sigma, ya que este método es sumamente eficaz en los procesos de productividad, una vez aplicada esta metodología se procede a la recolección de toma de datos de producción en cada una de las estaciones de trabajo para tener un análisis comparativo del antes y el después véase figura (figura 5) de la aplicación de esta metodología y poder observar las mejoras que se obtuvieron.

Elemento de 5-Puntos Haga clic en la celda y luego seleccione de la lista desplegable.	Asunto, Oportunidad, Observación		¿Dónde aplica esto? Flujo de Valor, Área, Departamento y/o Ubicación	Tu Nombre (o quién proporcionó la información)	Otras Notas
	¿Hay algún problema que esté afectando el flujo de valor o el trabajo? ¿Existe una oportunidad de mejora en alguno de los elementos? ¿Ha notado algo que le gustaría señalar para que lo consideremos más a fondo?				
Strategy	Provide appropriate market opportunities information to factory to feasible planning activities		Sales/Manufacturing/Materials/Offering	Commercial Team	
Strategy	ETO-C project implementation for key projects follow up		SALES/Offering	Commercial Team	
Strategy	Bring new customers		SALES/Offering	Commercial Team	
Strategy	Training sales force team to bring new customer's on C&I		SALES/Offering	Commercial Team	
Strategy	Reengage customer's C&I business		SALES/Offering	Commercial Team	
Systems and Processes	Planning is not providing a confirmed ship date within 48 hours		Planning	Commercial Team	
Systems and Processes	Better define sizing and complexity of job units for lead time tool		Manufacturing	Commercial Team	
Systems and Processes	Initiate APO process or amend current procurement process. Procure immediately after release of		Procurement	Commercial Team	BOM is ready avg 1 week after app release
Systems and Processes	Standardization of components availability on VTD (Less CDQ's)		MIS/Plant Engineering/AE	Commercial Team	
Systems and Processes	Enforced pricing validity for CDQ components. Add a disclaimer to price report for CDQ pricing validity		Procurement	Commercial Team	
Systems and Processes	Improve CDQ descriptions (uniform special notes, identify location)		AE	Commercial Team	
Systems and Processes	Price validation of std material cost every 6 months		Procurement/Finance	Commercial Team	
Systems and Processes	Proper communication channels and tools for our products C&I (expand the offer)		Offering	Commercial Team	
People Capability	Communication process training		AE/SAE/Sales	Commercial Team	
People Capability	Customer communications with Vertiv is inefficient		PM	Commercial Team	

Figura 5 Recolección de datos comparativos antes de la aplicación de la metodología Six Sigma

Fuente Elaboración propia

Al analizar las distintas tablas, se pudo observar que se tuvo una mejoría en los procesos, así como en los tiempos de producción de Air Handlers, llegando a la meta que se tenía trazada, la cual era de 28 semanas en promedio.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Se llegó a la conclusión de que la capacitación al personal operativo juega un papel trascendental en el buen funcionamiento de la empresa que en este caso se especializa en la fabricación de Air Handlers, ya que se pudo observar que, por falta de la misma capacitación a este personal, se tenía una afectación en todo el sistema de elaboración y por ende en el tiempo de entrega viéndose afectado así los ingresos a la empresa y un bajo rendimiento en el mercado de los Air Handlers.

Una vez aplicada la metodología Six Sigma, se pudo apreciar una mejora en los aspectos de orden, limpieza, estandarización, clasificación y disciplina, tomando en cuenta que estos elementos antes mencionados son de suma importancia para el buen funcionamiento de cualquier proceso, esto se puede comprobar debido a que hubo una gran mejoría en el proceso de productividad, afectando de manera positiva a los demás procesos. Con esto se demuestra que la aplicación de la metodología Six Sigma, si causo una relevancia en la meta establecida en un inicio, la cual tenía como objetivo principal la disminución en el proceso de elaboración y entrega de los Air Handlers que se producen en la empresa.

Para tener una mejor referencia de lo que se menciona con anterioridad podemos observar la siguiente tabla (tabla 1) en donde se aprecia de mejor manera, como hubo un cambio considerable en los tiempos de producción de los Air Handlers.



La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología six sigma

Tabla 1 Comparativa de tiempos antes y después de la aplicación de la metodología Six Sigma en el proceso de elaboración de Air Handlers

Operaciones	VA min	VNA min	VA hrs	VNA hrs	TC hrs
1. Recibir la base	0	145	0.00	2.42	2.42
2. Componentes principales	86	454	1.43	7.57	9.00
3. Ensamble de paneles	103	156	1.72	2.60	4.32
4. Instalación de Coil panel y removible	40	415	0.67	6.92	7.58
5. Ensamble de paneles face 2	84	113	1.40	1.88	3.28
6. Ensamble de ángulos perimetrales	110	60	1.83	1.00	2.83
7. Instalación de roof	120	607	2.00	10.12	12.12
8. Insulación	105	70	1.75	1.17	2.92
9. Instalación de liners en paneles	150	368	2.50	6.13	8.63
10. Instalación de liners en techo	15	274	0.25	4.57	4.82
11. Instalación de ángulos de detalle pared techo	150	402	2.50	6.70	9.20
12. Instalación de puertas	55	317	0.92	5.28	6.20
13. Instalación de paredes internas	20	235	0.33	3.92	4.25
14. Instalación de racks de filtros	70	452	1.17	7.53	8.70
15. Black off de Coils	65	331	1.08	5.52	6.60
16. Componentes internos	153	507	2.55	8.45	11.00
17. Cajas electricas empotradas	40	135	0.67	2.25	2.92
18. Motorail	124	712	2.07	11.87	13.93
19. Leak test	0	655	0.00	10.92	10.92
20. Liberación de unidad	0	210	0.00	3.50	3.50
21. Inspección de QC	0	120	0.00	2.00	2.00
	VA min	VNA min	T.C	VA min	VNA min
Tiempo en minutos	1490.0	6738.0	8228.0	18%	82%
Tiempo en hrs	24.8	112.3	137.1		
Lead time	1.7	7.9	9.6		

Fuente: Elaboración propia

REFERENCIAS

SECAR. (2019, septiembre 5). Secar Ingenieros S.A. Retrieved from Secar Ingenieros S.A: secarsa.com

Heriberto, F. J., & Carmenza, L. A. (2014). Lean Six Sigma in small and medium enterprises: a methodological approach. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*

Graves, A. (2012). What is DMAIC? *Six Sigma Daily*. Hall, R. W. (2004). "Lean" and the Toyota J. Acosta Flores, *Ingeniería de sistemas: un enfoque interdisciplinario*. 2a ed., Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM, México: AlfaOmega, 2007, pp. 1-26.

Cisneros, E. (2015, septiembre 10). Como determinar los CTQ, *innovando.net*. Retrieved from Innovando.net: <https://innovando.net/las-etapas-que-debemos-seguirpara-determinar-los-ctq/>



La mejora en el proceso de fabricación de air handlers mediante la metodología
six sigma

- Maware, C., & Adetunji, O. (2019). Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance. *International Journal of Engineering Business Management*
- Kaswan, M. S., & Rathi, R. (2019). Analysis and modeling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling. *Journal of Cleaner Production*
- Kumar, M., Antony, J. and Douglas, A. (2009), "Does size matter for Six Sigma implementation?", *The TQM Journal*, Vol. 21 No. 6, pp. 623-635.
<https://doi.org/10.1108/17542730910995882>
- Snee, R. (2010), "Lean Six Sigma – getting better all the time", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29.

Justificación para la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de weir minerals: un enfoque basado en eficiencia y calidad

Rationale for the acquisition of a dot peen machine in weir minerals' assembly area: an efficiency and quality based approach.

Martha Elia García Reboloso ¹
Roxana Colunga Jaime ²
Karina Vega García ³
Bryan Isaías Montoya Terrazas ⁴

RESUMEN

En el contexto industrial actual, la automatización de procesos se ha convertido en una estrategia clave para mejorar la eficiencia y la productividad. Este estudio justifica la adquisición de una máquina de micropercusión para optimizar el proceso de grabado de placas en el área de ensamble de Weir Minerals. A través de un análisis detallado de los indicadores de producción, un estudio de tiempos y movimientos y una comparativa entre el proceso manual actual y la automatización con la máquina de micropercusión, se evaluaron las mejoras en términos de eficiencia, precisión y costos. Los resultados obtenidos muestran que la implementación de esta tecnología reduce significativamente los desperdicios, optimiza los tiempos de entrega y mejora la calidad del producto al minimizar la necesidad de retrabajos. Finalmente, un análisis de costo-beneficio respalda la viabilidad de la inversión, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones en la empresa.

PALABRAS CLAVES: Automatización, Eficiencia industrial, Estudio de tiempos y movimientos, Optimización de procesos, Micropercusión.

Fecha de recepción: 27 de febrero, 2025.

Fecha de aceptación: 11 de abril, 2025.

¹ Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma Nuevo León. martha.garciarb@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0001-5863-0396>

² Maestría en Administración de Negocios con Especialidad en Relaciones Industriales. Profesora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Nuevo León E-mail roxana.colungajm@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0009-0003-6788-7785>

³ Maestría en Administración de Negocios con Especialidad en Relaciones Industriales. Profesora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Nuevo León E-mail Karina.vegagrc@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0009-0003-1595-6398>

⁴ Ingeniero Mecánico Administrador. Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León E-mail bryan.montoyate@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0009-0003-6788-7785>

ABSTRACT

In today's industrial context, process automation has become a key strategy to improve efficiency and productivity. This study justifies the acquisition of a dot peen machine to optimize the plate engraving process in the Weir Minerals assembly area. Through a detailed analysis of the production indicators, a study of times and movements and a comparison between the current manual process and automation with the dot peen machine, the improvements in terms of efficiency, accuracy and costs were evaluated. The results obtained show that the implementation of this technology significantly reduces waste, optimizes delivery times and improves product quality by minimizing the need for rework. Finally, a cost-benefit analysis supports the viability of the investment, providing a solid basis for decision-making in the company.

KEYWORDS: Automation, Industrial efficiency, Study of times and movements, Process optimization, Dot.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la automatización de procesos se ha convertido en un factor clave para mejorar la eficiencia y la competitividad en la industria manufacturera. La optimización de los tiempos de producción y la reducción de errores son elementos fundamentales para garantizar la calidad del producto final y cumplir con los estándares exigidos por el mercado. En este contexto, el presente estudio se centra en la justificación para la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de Weir Minerals, con el objetivo de mejorar los tiempos de entrega y la calidad en el proceso de grabado de placas de datos.

El proceso de grabado de placas de datos en el área de ensamble actualmente se realiza de manera manual, lo que genera variabilidad en la precisión del marcaje y retrabajos que afectan los indicadores de desempeño clave, como el On Time Delivery (OTD) y el First Pass Yield (FPY). Este problema impacta directamente en la productividad de la empresa, retrasando las entregas y generando costos adicionales asociados a la repetición de tareas y materiales desperdiciados.

Para evaluar la viabilidad de la propuesta, se llevó a cabo un análisis de tiempos y movimientos del proceso actual, así como una comparativa con la implementación de una máquina de micropercusión. Adicionalmente, se realizó un estudio de costo-beneficio para determinar el impacto económico y operativo de esta inversión. Los resultados obtenidos demuestran que la automatización del proceso de grabado permitiría reducir significativamente los tiempos de operación, minimizar los errores de marcaje y mejorar el rendimiento general del área de ensamble.

El presente artículo se estructura en diversas secciones que abarcan la justificación del estudio, la metodología aplicada, la discusión de resultados y las conclusiones. A través de este análisis, se pretende ofrecer una base sólida para la toma de decisiones en Weir Minerals, respaldando la necesidad de implementar tecnología avanzada para optimizar sus procesos de producción y fortalecer su posición en el mercado.

JUSTIFICACIÓN

La eficiencia en los procesos productivos es un factor determinante para la competitividad de las empresas en la industria manufacturera. En Weir Minerals, el área de ensamble enfrenta un desafío significativo en la ejecución del grabado de placas de datos, ya que el proceso actual es manual y genera inconsistencias en la calidad, retrabajos y demoras en la producción. Estos problemas impactan directamente en el **On Time Delivery (OTD)** y el **First Pass Yield (FPY)**, dos indicadores clave que reflejan el desempeño operativo de la empresa.

El principal propósito de esta investigación es demostrar la viabilidad de la adquisición de una máquina de micropercusión para optimizar el proceso de grabado en el área de ensamble. La automatización de esta tarea permitirá reducir significativamente los tiempos de operación, minimizando errores humanos y eliminando desperdicios en materiales y recursos. Asimismo, la implementación de esta tecnología contribuirá a mejorar la precisión y estandarización del grabado, garantizando que cada placa de datos cumpla con los estándares de calidad requeridos.

A partir de un estudio detallado de tiempos y movimientos, se identificaron retrasos y desperdicios asociados al proceso manual de grabado. La duplicación de placas, los errores en la información impresa y la variabilidad en la velocidad de producción generan costos adicionales y afectan la eficiencia general del área de ensamble. Con la adquisición de la máquina de micropercusión, se espera una reducción significativa en los tiempos de producción y una mejora en la calidad del grabado, lo que se traducirá en un incremento del OTD y una disminución de las órdenes rechazadas por errores de marcaje.

Además, un análisis de costo-beneficio permitirá evaluar el impacto económico de la inversión y su retorno en términos de productividad y reducción de desperdicios. La implementación de esta tecnología no solo optimizará la eficiencia operativa, sino que también fortalecerá la posición competitiva de Weir Minerals en el mercado, asegurando una mayor confiabilidad en sus procesos productivos.

En conclusión, esta investigación respalda la necesidad de modernizar el proceso de grabado de placas de datos mediante la incorporación de una máquina de micropercusión. Con ello, se busca garantizar la mejora continua en la producción, optimizar el uso de los recursos y consolidar un sistema de manufactura más eficiente y preciso en la empresa.

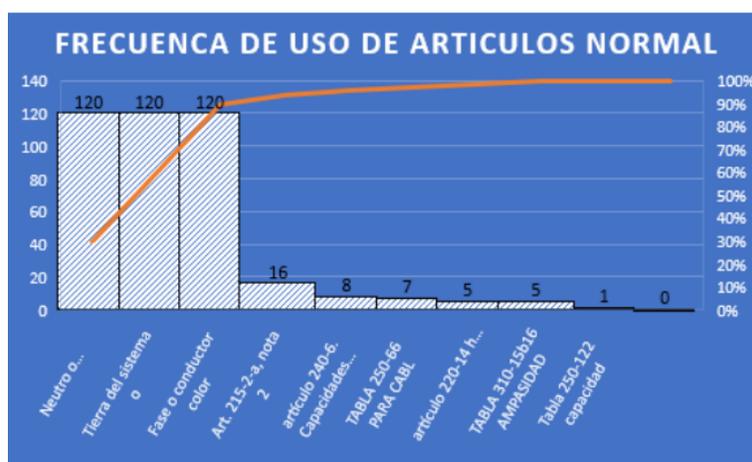


Figura 1. Frecuencia de uso de artículos normal

METODOLOGÍA

Para evaluar la viabilidad de la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de Weir Minerals, se diseñó una metodología estructurada en varias fases que permitieron recopilar, analizar y comparar datos del proceso actual frente a la implementación de la tecnología propuesta.

Enfoque de la investigación

El presente estudio adopta un enfoque **cuantitativo y descriptivo**, basado en la recopilación y análisis de datos medibles que permitan evaluar la eficiencia del proceso de grabado de placas de datos antes y después de la implementación de la máquina de micropercusión.

Diseño de la investigación

El estudio se desarrolló a través de un análisis comparativo entre el proceso manual actual y el proceso automatizado con la máquina de micropercusión. Para ello, se emplearon herramientas de ingeniería industrial, como el **estudio de tiempos y movimientos**, el **análisis de desperdicios** y el **cálculo del impacto en los indicadores clave de desempeño (OTD y FPY)**.

Fases de la metodología

1. **Análisis del proceso actual**
 - Se realizó una observación detallada del proceso manual de grabado de placas de datos en el área de ensamble.
 - Se midieron los tiempos de ejecución y la cantidad de errores generados en el proceso.
 - Se identificaron los principales desperdicios en términos de tiempo, material y retrabajos.
2. **Estudio de tiempos y movimientos**
 - Se cronometraron los tiempos empleados en cada fase del proceso de grabado manual.
 - Se calculó el tiempo promedio por placa, así como la variabilidad entre diferentes operadores.
 - Se cuantificaron los errores en el grabado que requerían retrabajo o duplicación de placas.
3. **Comparación con el proceso automatizado**
 - Se investigaron las especificaciones y tiempos de operación de la máquina de micropercusión propuesta.
 - Se estimó la reducción en tiempos de operación al sustituir el proceso manual por la máquina.
 - Se realizó una simulación del impacto en los indicadores de desempeño (OTD y FPY).



Figura 2. Diagrama de tortuga.

4. Análisis de costo-beneficio

- Se calcularon los costos asociados al proceso actual (materiales desperdiciados, retrabajos, tiempo de operación).
- Se estimó la inversión necesaria para la adquisición e implementación de la máquina de micropercusión.
- Se proyectó el retorno de inversión en función de la mejora en productividad y reducción de desperdicios.

Instrumentos de análisis

Para la recopilación y análisis de datos, se utilizaron las siguientes herramientas:

- **Cronometría** para el estudio de tiempos y movimientos.
- **Diagramas de flujo** para representar el proceso actual y el propuesto.
- **Diagramas de Pareto** para identificar los principales problemas en el proceso de grabado.
- **Software de análisis estadístico** para evaluar la variabilidad en tiempos de operación.

Validez y confiabilidad

Para asegurar la validez de los resultados, los datos fueron recopilados directamente en el área de ensamble, con mediciones repetidas en diferentes turnos y operadores. Se aplicaron controles de calidad en la recolección de datos para minimizar sesgos y garantizar la fiabilidad del análisis.

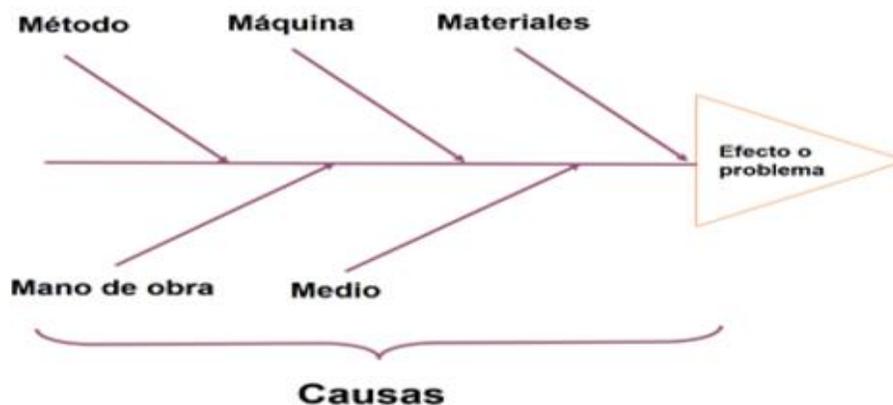


Figura 3. Diagrama de causa-efecto.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El análisis de resultados permitió identificar los principales beneficios que conllevaría la adquisición de una máquina de micropercusión para el área de ensamble en Weir Minerals. La evaluación del proceso manual actual reveló un alto índice de desperdicio, con tiempos de operación prolongados y una baja eficiencia en el grabado de placas de datos.

Impacto en costos y tiempos de operación

Uno de los hallazgos más relevantes fue el costo elevado asociado al grabado manual. Durante un período de seis meses, los costos relacionados con esta actividad representaron aproximadamente el **220.51% del costo ideal**, lo que implica un gasto innecesario derivado de retrabajos y desperdicios. En contraste, la implementación de la máquina de micropercusión reduciría estos costos a solo **33.07% del gasto actual**, logrando un **retorno de inversión en tan solo dos meses**.



Figura 4. Histograma

Justificación para la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de weir minerals: un enfoque basado en eficiencia y calidad

En términos de tiempo, el estudio de tiempos y movimientos demostró que el proceso manual actual requiere un tiempo promedio de **26.58 minutos** por placa. Con la introducción de la máquina de micropercusión, este tiempo se reduciría en un **96.23%**, optimizando la producción y evitando cuellos de botella en el área de ensamble.

Mejora en la calidad del proceso

Otro factor crítico identificado fue la afectación en la calidad del grabado. Se observó que el **First Pass Yield (FPY)**, indicador clave de calidad estaba por debajo de los estándares deseados. La variabilidad en la precisión del grabado manual generaba una alta cantidad de placas defectuosas, lo que obligaba a realizar retrabajos y aumentar el consumo de materiales. La máquina de micropercusión, al operar con tecnología de precisión y automatización industrial, minimizaría estos errores, asegurando una mayor uniformidad en la calidad del grabado y reduciendo la necesidad de correcciones.

Evaluación de la viabilidad de la inversión

El análisis costo-beneficio realizado evidenció que la adquisición de la máquina no solo optimizaría la eficiencia operativa, sino que también permitiría una reducción sustancial en desperdicios. La implementación de esta tecnología se traduce en una mejora directa en los indicadores **On Time Delivery (OTD)** y **FPY**, incrementando la confiabilidad y productividad de la empresa.

En conclusión, los datos obtenidos sustentan la justificación de la adquisición de la máquina de micropercusión, ya que se demuestra una reducción considerable en costos, tiempos de producción y desperdicios, así como una mejora significativa en la calidad del grabado de placas de datos. Sin embargo, la decisión final de la empresa dependerá de factores adicionales, como la evaluación de otras tecnologías disponibles, en particular la posibilidad de utilizar una marcadora láser en la nueva área de producción denominada "Sellos Mecánicos".

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El presente estudio permitió demostrar que la adquisición de una máquina de micropercusión para el grabado de placas de datos en el área de ensamble de Weir Minerals representa una solución efectiva para optimizar los tiempos de producción, reducir costos operativos y mejorar la calidad del producto final.

A través del análisis de tiempos y movimientos, se evidenció que el proceso manual actual de grabado es altamente ineficiente, con un tiempo promedio de **26.58 minutos por placa** y un alto índice de desperdicio debido a errores humanos. La implementación de la máquina de micropercusión reduciría estos tiempos en un **96.23%**, eliminando retrabajos innecesarios y permitiendo una mayor productividad en el área de ensamble.

El análisis de costo-beneficio confirmó que la inversión en esta tecnología se amortizaría en un período de **dos meses**, dado que el costo del proceso manual representa actualmente **220.51% del costo ideal**, mientras que con la máquina se reduciría a solo **33.07%** del gasto actual. Estos datos respaldan la viabilidad económica y operativa de la propuesta.

Además de la optimización de tiempos y costos, se identificó una mejora significativa en la calidad del grabado. La automatización del proceso permitiría incrementar el **First Pass Yield (FPY)**, reduciendo errores de marcaje y mejorando la confiabilidad del producto. Asimismo, el impacto positivo en el **On Time Delivery (OTD)** contribuiría a mejorar los indicadores clave de desempeño de la empresa.

En conclusión, los hallazgos obtenidos sustentan la justificación de la adquisición de la máquina de micropercusión como una estrategia clave para la optimización del proceso de ensamble en Weir

Justificación para la adquisición de una máquina de micropercusión en el área de ensamble de weir minerals: un enfoque basado en eficiencia y calidad

Minerals. No obstante, se recomienda evaluar opciones adicionales, como la incorporación de tecnología de marcaje láser en futuras expansiones de la planta, para garantizar una mejora continua en los procesos de producción.

REFERENCIAS

- Aly, N. & (2003). Producción de clase mundial y la gestión de las. California Journal of Operations Management.
- Chacón, E., & García, R. (2015). Heurística para el balance de líneas de ensamble con consideraciones ergonómicas. Revista Ingeniería Industrial, 23-35.
- Crosby, P. B. (1987). La Calidad No cuesta. El arte de cerciorarse de la Calidad. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad. Madrid: Díaz de Santos.
- Díaz, N. L., Soler, V. G., & Molina, A. I. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento: Introducción al GSD. 3C Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico, 39-49.
- Giannasi, E. (2013). Desperdicios en la producción. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 1-59.
- Ishikawa, K. (1985). ¿Qué es Control de Calidad Total? El estilo japonés. Bogotá: Norma.
- Lilian, P. (2010). Lean Manufacturing: Manufactura Esbelta / Ágil. Revista Ingeniería, 64-69.
- Mackelprang, A., & Nair, A. (2010). Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. Journal of Operations Management, 283–302.
- Mazanai, M. (2012). Impact of just-in-time (JIT) inventory system on efficiency. African Journal of Business Management, 5786–5791.
- Mishina, K., & Takeda, K. (1992). Toyota Motor Manufacturing, USA, Inc. Harvard Business School.
- Ohno, T. (2018). El sistema de producción Toyota: Más allá de la producción a gran escala. Londres: Routledge.
- Pheng, L. S., & Shang, G. (2011). The application of the Just-in-Time philosophy in the construction industry. Journal of Construction in Developing Countries, 91-111.

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

Application of SMED tool in the process of a company dedicated to the
manufacture of electronic instruments in Reynosa Tamaulipas.

Mario Alberto Morales Rodríguez ¹

Gabriela Cervantes Zubirías ²

Priscilla Viridiana Hernández Rodríguez ³

Lisset Anel Alva Rocha ⁴

Cristian Iram Hernández López ⁵

RESUMEN

Actualmente, las empresas reciben constantemente demandas de una gran variedad de productos por parte de los clientes, pero la cantidad ya no es lo único que se toma en cuenta, los clientes esperan una alta calidad, buen precio y mayor rapidez a la hora de la entrega. Pero, aquí surge la pregunta sobre ¿cómo puede lograr una empresa cumplir con estos objetivos?, es simple es solo pensar cómo se puede mejorar sus procesos y lograr adaptarse a las necesidades del cliente. Para eso existe un método que ayudara a la empresa a poder lograr todo esto sin tener que gastar muchos recursos durante la marcha: la metodología SMED.

La metodología SMED es una técnica que se enfoca a la reducción de tiempos de cambio de lote, o los cambios de herramienta. Este cambio se define como el tiempo que pasa desde que se produce la última pieza buena de un lote hasta que se produce la primera pieza buena del lote posterior. Si bien es cierto que este método no es una solución garantizada, si nos ayuda a tomar mejores decisiones para poder aumentar la productividad de la empresa.

¹ Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa- Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT-Reynosa-Aztlán). mmorales@docentes.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1342-297X>

² Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa- Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT-Reynosa-Aztlán). gabriela.cervantes@docentes.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9912-5035>

³ Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa- Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT-Reynosa-Aztlán). phrodriguez@docentes.uat.edu.mx

⁴ Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa- Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT-Reynosa-Aztlán). lalva@docentes.uat.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3785-1143>

⁵ Ingeniero Industrial Universidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT-Reynosa-Aztlán).

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

PALABRAS CLAVES: SMED, Prueba eléctrica, Fixture, Reducción de tiempo de ciclo, Estándar de trabajo, 5s.

Fecha de recepción: 04 de marzo, 2025.

Fecha de aceptación: 11 de abril, 2025.

ABSTRACT

Nowadays, companies constantly receive demands for a wide variety of products from customers, but quantity is no longer the only thing that is taken into account, customers expect high quality, good price and faster delivery. But here the question arises as to how a company can achieve these objectives, it is simple, it is only to think about how to improve its processes and adapt to customer needs. For that there is a method that will help the company to achieve all this without having to spend a lot of resources along the way: the SMED methodology.

The SMED methodology is a technique that focuses on the reduction of batch changeover times, or tool changes. This changeover is defined as the time from when the last good part of a batch is produced until the first good part of the subsequent batch is produced. While it is true that this method is not a guaranteed solution, it does help us to make better decisions in order to increase the company's productivity.

KEYWORDS: SMED, Electric proof, Fixture, Cycle time reduction, Working standard, 5s.

INTRODUCCIÓN

Los cambios de modelo en un proceso de producción suelen generarse dudas como: ¿Cuáles son los pasos donde más tiempos muertos existen?, pues en estos se encuentran operaciones que toman más tiempo del necesario si existe un factor que impide su correcta realización, puesto que; además de tiempos muertos, intervienen otros agentes como actividades innecesarias y falta de orden y comunicación. El SMED fue hecho para reducir estos tiempos muertos a través de la mejora de los procesos productivos.

La idea principal de este proyecto fue reducir los tiempos de cambio de modelo de fixtures en por lo menos un 50%, en el área de pruebas eléctricas de las tabllas electrónicas de la empresa dedicada a fabricación de instrumentos electrónicos, mediante la aplicación y desarrollo de los 5 pasos de los que se componen la metodología SMED las cuales son Identificar, Analizar, Planear, Implementar y Evaluar; ayudándose con las herramientas que los fundamentan, como las 5 S, pruebas de medición de tiempo de cambio de modelos, gráfica de Gantt, Diagramas de proceso y de espagueti, clasificación de actividades internas y externas y herramientas de sistema Andon. El tiempo que se tomó para realizar este proyecto fue desde su inicio en el mes de septiembre del 2022, hasta su culminación en enero del 2023.

Al finalizar, los resultados obtenidos reflejaron un impacto positivo significativo en línea con nuestros objetivos iniciales. Específicamente, logramos una reducción del 50% en los tiempos de cambio de modelo en el área de pruebas eléctricas, alineándonos con el objetivo principal del proyecto.



Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

Además, se observó una disminución notable en la incidencia de defectos en los productos, evidenciando una mejora en la calidad general del proceso. Estos resultados no solo validan la eficacia de las técnicas SMED implementadas, sino que también subrayan la importancia de una planificación y ejecución cuidadosa en la mejora de procesos de producción.

METODOLOGÍA

De acuerdo con la hipótesis que se planteó esta investigación fue cuantificable y experimental, en la cual se evaluó si al implementar el método de cambio de modelo SMED coadyuva en la reducción de tiempos de inactividad durante los cambios de herramientas incremento el tiempo disponible en la producción. Esto se planteó basado en el área de PCBA (Printed Circuit Board Assembly) en la división de ISC, elabora placas de circuitos impresos (tableros electrónicos); sus características en general son: una pieza de material aislante con pistas de cobre intercaladas de formas diferentes, lleva montados componentes como diodos, transistores, condensadores, resistencias y sobre ellas se sitúan componentes los cuales son circuitos integrados con tecnología SMT, instalados manualmente por personal operativo.

De acuerdo con (ANLA, 2018), hace mención que el área que influye en la identificación de los impactos ambientales tiene una relación con el autoaprendizaje interno debido a que el proceso es lento y siempre se está verificando que se esté aplicando correctamente las metodologías disponibles para lograr la estandarización del proceso mediante la organización.

Las fases que siguieron en esta investigación se basan en una propuesta en la cual se pusieron en marcha acciones necesarias para mejorar la productividad, eficiencia y flexibilidad optimizando cada proceso identificado en la empresa, utilizando la implementación de la metodología SMED.

Para solucionar el problema de comunicación con el personal para que la máquina recibiera mantenimiento o ayuda en caso de que algo saliera mal y se requiera la asistencia del técnico de mantenimiento, el operador tenía que ir a buscarlo, una actividad que le podía tomar mucho tiempo al operador, pues el técnico no tiene idea que se le necesita en esa área en ese momento. Para evitar esta pérdida de tiempo, se implementó una torreta de iluminación Andon como se muestra en la figura 1. Con esta herramienta se puede aplicar perfectamente para este propósito. La implementación de un sistema ANDON, establece una comunicación sencilla, de tal manera que los operadores conozcan que las actividades deben realizar durante un problema presentado en la línea, de una manera eficiente, es ayudará a Incrementar los niveles de calidad y productividad con mínimo costo posible, también evitar que los defectos pasen a la siguiente línea de producción. (MARTÍNEZ et al, 2025).



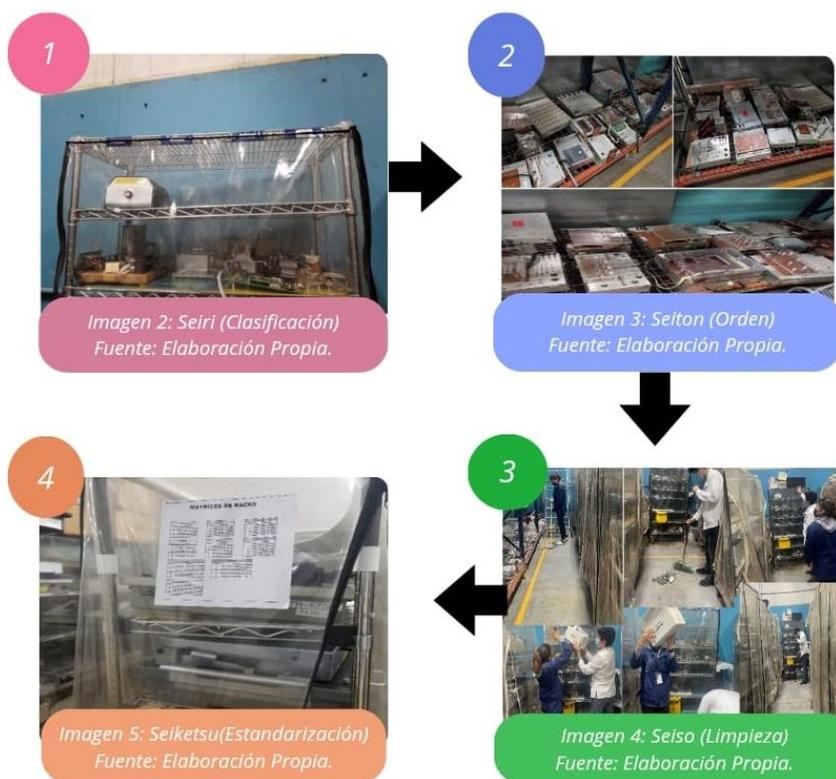
Figura1: Control visual de tableros de arranque directo de motores con el uso del Andon

Fuente: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

Se llevó a cabo la aplicación de una de las herramientas más importantes dentro de la metodología SMED, la cual es la herramienta 5S, que, como bien sabemos, esta herramienta se puede aplicar a cualquier sector en donde se necesite realizar un mejoramiento continuo. En este caso, esta herramienta se aplicó en el área de almacenamiento de fixtures, en la cual se llevaron a cabo algunas tareas para poder realizar el mejoramiento a esta área. Para esto, se dividieron las tareas que se realizaron dentro del área de acuerdo con el orden de las 5S.

1. Seiri (clasificación): se retiraron todos los elementos que parecían inservibles dentro de esta área como se puede ver en la imagen 2 (punto 1), desde cajas vacías, charolas sin uso, cables sueltos, papeles y cartón. En el uso de las charolas, se devolvieron a su respectiva área para que puedan seguir siendo usadas. Mientras que los demás elementos fueron desechados a los contenedores de basura.
2. Seiton (orden): se ordenaron los fixtures dentro de los racks como se puede ver en la imagen 3 (punto 2) aprovechando los espacios libres que quedaron gracias a la implantación del paso 1.
3. Seiso (limpieza): se limpió el área por completo empezando de los más básico a los más difícil. Como se puede apreciar en la siguiente imagen 4 (punto 3) se limpió el área barriendo el piso de los pasillos racks, sacudiendo el polvo encima de los racks y limpiando los fixtures que habían acumulado suciedad.
4. Seiketsu (estandarización): se debe de mantener todo lo que se ha logrado hacer y prevenir que la variación cause defectos y errores, se organizaron para dar seguimiento a los pasos anteriores como se puede ver en la imagen 5 (punto 4).



5. Shitsuke (Disciplina). El último paso consiste en mantener la práctica vigente sobre todo lo que se ha realizado para mantener todo en buen estado y seguir el plan de asignado para que se siga realizando y que no solo se haga una vez. Las 5S no tienen un fin definido, es un

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

ciclo que se define continuamente y que se debe de disponer de una disciplina para mantener al área limpia y ordenada, de ahí el nombre disciplina o “Shitsuke”

Para evitar el asunto de los errores de cambio de modelo en un futuro se le dio seguimiento al proyecto, capacitando al personal sobre el funcionamiento de cómo funciona la matriz de localización de herramientas y como se plantea seguir teniendo ordenando el área mediante un documento de control. Se implementó un plan diario sobre la cuestión de prioridades para evitar desviaciones y tiempo muerto.

Se realizó un diagrama de flujo donde se muestra el nuevo orden que se hizo en el proceso de cambio de fixtures, tomando en cuenta el proceso anterior se modificó después de la implementación del SMED.

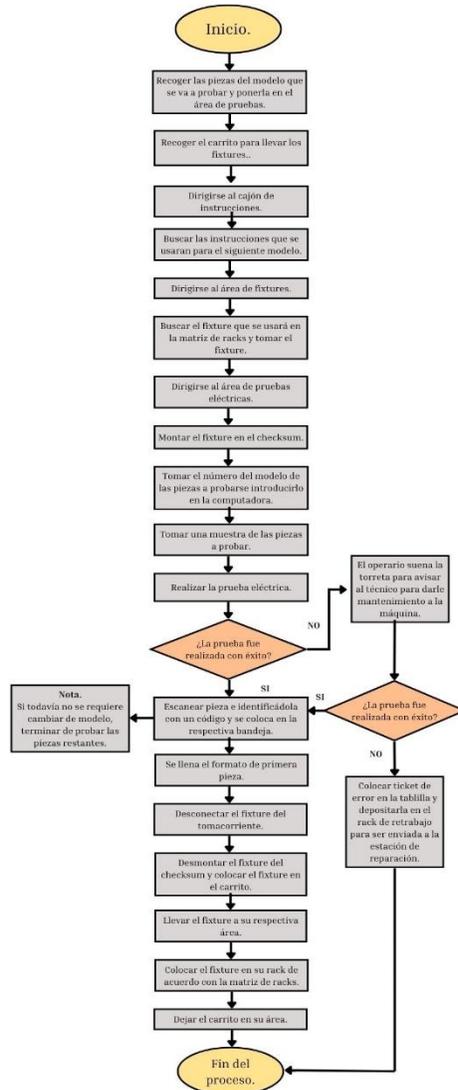


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de cambio de modelo después de la implementación del SMED.

Fuente: Elaboración propia.



Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto a la aplicación de esta herramienta de manufactura esbelta, SMED se puede decir que fue la adecuada porque se especializa en reducción de cambios de modelo y después de su implementación se notó la diferencia del tiempo de ciclo, de tener 40.3 minutos fue posible a reducirlo a 14.3 minutos lo que es un 65% menos, como podemos observar en la imagen 6.

Esta aplicación de SMED se empezó, con la separación de actividades internas y externas que es donde se hizo mayor número de actividades internas a actividades externas, que son las actividades que se pueden hacer mientras la máquina se encuentre funcionando. Antes del análisis, se tenían 9 actividades externas y 24 internas, ya con la implementación quedaron 12 actividades externas, 15 internas y 6 se eliminaron, al igual se realizó un estándar para la realización de proceso de cambio de modelo.

Durante el análisis de la separación de actividades interna a externas, fue detectado el detalle de la comunicación con el personal de mantenimiento, que tardaban mucho para atender al operador o simplemente luego no se lo encontraba con el personal y lo que llevaba que el operario se descuidaba de la tarea de seguir procesando por irlo a buscar al técnico, es por ello por lo que se implementó la torreta como ayuda visual.

Posteriormente se realizó la aplicación de las 5S se pudo tener un mejor orden del área de fixtures para el momento que el operario fuera, ya no diera más vueltas a la vez perdiera tiempo por la búsqueda de fixture y por ello que se estandarización una matriz de los racks para que tuvieran una ubicación exacta donde se encuentran los fixtures que llegaron a ocupar al igual se volvió a etiquetar los fixtures que no tuviera identificación o estuviera dañadas.

Para culminar con este proyecto se elaboró una instrucción de trabajo para dar entrenamiento de personal, de esta manera dar seguimiento y enseñar el nuevo proceso para el cambio de modelo; por último, para detectar un cambio en el proceso se implementó una hoja para llevar el control del tiempo perdido como se muestra en la figura 6.

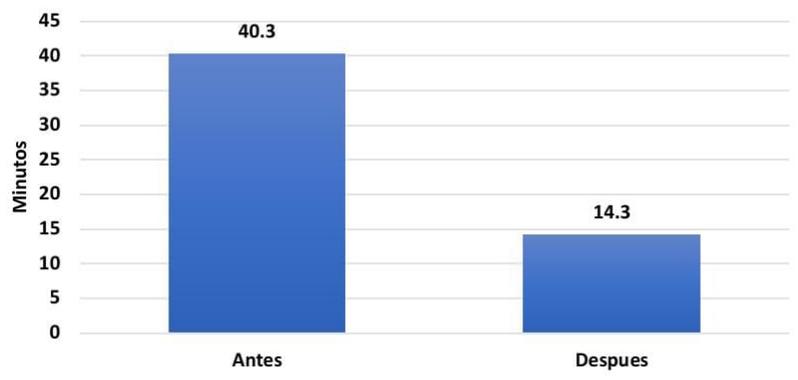


Figura 6: Tiempos de ciclo antes y después dl SMED

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de una de las fases implementadas en esta investigación como era organizar el área donde están almacenados los fixtures, mediante la aplicación de la herramienta 5S, se cumplió en su debida forma siguiendo cada paso de esta herramienta. Como segunda fase se planteó definir un proceso para controlar todas las herramientas e implementaciones realizadas en el área a mejorar, dando un breve entrenamiento al personal operativo, para este punto se cumplió; con la creación de

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

una instrucción de trabajo y toma video de la manera adecuada de realizar dicho cambio de modelo y así dar dicho entrenamiento.

Los resultados obtenidos en el cumplimiento de los objetivos como minimizar tiempos de respuesta en los cambios de modelo de herramientas a un 50%, de lo actual que es 40.3 minutos, en el área de producción de la división ISC del área PCBA, en la empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa, Tamaulipas; mediante la aplicación de la metodología SMED, en un periodo de cuatro a seis meses que corresponden del año 2022-2023.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos después de implementación del SMED, se considera que es una herramienta eficiente, aplicándose correctamente para los cambios de modelo, debido a se observa la diferencia de tiempo de ciclo, que se pudo lograr en la empresa, se apreció la diferencia de un 65% menos; la cual de acuerdo con esto proyecto es lo que se podía obtener si aplicáramos de manera correcta esta metodología. La aplicación de un SMED asegura que las actividades se desarrollen de manera precisa y por lo tanto se eliminan los ajustes posteriores, garantizando la calidad de los productos y el reinicio de los procesos a la máxima eficiencia aumentando tiempo disponible de los equipos, y la flexibilidad de los procesos.

Es por lo que, la aplicación de esta metodología en este proyecto se puede llevar a cabo en cualquier empresa o área que tenga procesos de maquinaria y de esta manera disminuir los tiempos de cambios de formato o referencia e identificar las actividades que agregan valor, identificar pérdidas y desperdicios, disminuir los tiempos de parada de equipos o procesos en los cambios de formato y reiniciar los procesos a su capacidad normal evitando la producción de elementos defectuosos.

Fue posible llevar a cabo este proyecto gracias a la colaboración y experiencia laboral de los miembros del equipo también por su asesor interno – externo, así mismo se contó con internet y fuentes de información confiables en donde pudimos llevar a cabo consultas para la elaboración de nuestra implementación, de igual manera se tuvo comunicación e iniciativa al realizar las actividades asignadas por los mismo los mismos integrantes del equipo, lo cual fue fundamental para poder concluir con nuestra investigación.

De acuerdo con (Berna, 2011) en la aplicación de la metodología SMED para preparar un procedimiento estándar óptimo para las operaciones de cambio, siempre se debe de tomar en cuenta las cuestiones de ergonomía y seguridad durante las configuraciones para poder facilitarle al operador las operaciones, utilizando un diseño de experimentos para determinar los parámetros,

La implantación de sistemas como el SMED, dan como resultado un incremento de la flexibilidad de la operación, logrando así varios beneficios tales como: 1) incremento en la velocidad de respuesta, 2) disminución de los niveles de inventario, e 3) incremento de la capacidad productiva. Uno de los ingredientes vitales para que la técnica del SMED logre ser exitosa, es el apoyo de la dirección en el proyecto, la capacitación al personal para que todos conozcan la técnica y aporten ideas en este sentido y el trabajo en equipo, para lograr una armonía y alineación de objetivos de todas las áreas para lograr la reducción de tiempos muertos. (Cruz, 2004).

Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

REFERENCIAS

- ACMP. (2022). *Qué es el OEE y por qué es importante medirlo y analizarlo*. Obtenido de acmplean.com: <https://acmplean.com/que-es-el-oeo-y-por-que-es-importante-medirlo-y-analizarlo/>
- ANLA. (2018). *Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia*. Colombia: Autoridad Nacional de Ciencias Ambientales.
- Belohlaven, P. (2006). *OEE: Overall Equipment Effectiveness (1ra edición)*. Buenos Aires: Blue Eagle Group.
- Berwyn, P. (21 de enero de 2023). *AMETEK*. Obtenido de <https://www.ametek.com/>
- Boltronic. (11 de abril de 2022). *boltronic.com*. Obtenido de <https://blog.boltronic.com.mx/que-es-un-fixture>
- Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil (4ta edición)*. Alemania: Reverte.
- CHECKSUM. (2022). *In-Circuit and Functional Test System*. Obtenido de [checksum.com](https://www.cps.com.pl/wp-content/uploads/2019/03/analyst_emsft.pdf): https://www.cps.com.pl/wp-content/uploads/2019/03/analyst_emsft.pdf
- Dessler, G., & Varela, R. (2011). *Administración de recursos humanos*. México: Pearson Educación.
- Electronic Manufacturing Services Group, inc. (2022). *emsginc.com*. Obtenido de <https://emsginc.com/resources/what-is-the-difference-between-pcba-and-pcb/#:~:text=A%20PCB%20is%20a%20blank,used%20in%20an%20electronic%20device>.
- EMSG. (2022). *What Is the Difference Between PCBA and PCB?* Obtenido de [emsg.com](https://emsginc.com/resources/what-is-the-difference-between-pcba-and-pcb/#:~:text=A%20PCB%20is%20a%20blank,used%20in%20an%20electronic%20device): <https://emsginc.com/resources/what-is-the-difference-between-pcba-and-pcb/#:~:text=A%20PCB%20is%20a%20blank,used%20in%20an%20electronic%20device>.
- ESERP. (2023). *Departamento de calidad*. Obtenido de [eserp.com](https://es.eserp.com/articulos/departamento-de-calidad/): <https://es.eserp.com/articulos/departamento-de-calidad/>
- Fernandez Ros, M., Soler Ortiz, M., Novas Castellano, N., & Garcia Salvador, R. (2020). *Manual de diseños de circuitos impresos con Cricuit Design Suite v09 de National Instruments*. España: Universidad de Almería.
- Gonzalez Correa, F. (2007). *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas*. ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/46531895_Manufactura_Esbelta_Lean_Manufacturing_Principales_Herramientas
- Groover, M. P. (1996). *Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas*. Pennsylvania: Prentice Hall.
- Hernandez Matias, J., & Vizan Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación*. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Hernandez, J. (11 de Julio de 2023). *eserp business & law school*. Obtenido de <https://es.eserp.com/articulos/departamento-de-calidad/>



Aplicación de herramienta SMED en el proceso de empresa dedicada a la fabricación de instrumentos electrónicos en Reynosa Tamaulipas

- IONOS. (29 de junio de 2020). *ionos.com*. Obtenido de <https://www.ionos.mx/startupguide/productividad/proceso-de-mejora-continua/>
- Kanban Tool. (2023). *¿Qué son las 5S en Lean?* Obtenido de [kanbantool.com](https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-son-las-5s): <https://kanbantool.com/es/guia-kanban/que-son-las-5s>
- Martinez, M. (18 de junio de 2022). Abriran en Nuevo Laredo nueva maquila. *EL MANANA*.
- Metro de Quito. (noviembre de 2012). *Capítulo 07 Área de Influencia*. Obtenido de <https://www.jbic.go.jp/>: https://www.jbic.go.jp/ja/business-areas/environment/projects/pdf/56262_4.pdf
- MEXCALUX. (2022). *Takt Time: producir al compás que marca el cliente*. Obtenido de [mecalux.com](https://www.mecalux.com.mx/blog/takt-time): <https://www.mecalux.com.mx/blog/takt-time>
- Orellana, P. (11 de abril de 2020). *economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/proceso-de-mejora-continua.html>
- Perez Gomez , L. (2019). *Lean Manufacturing paso a paso*. Barcelona : Marge books.
- Press, S. J. (1994). *International Directory of Company Histories, Vol 9*. Pennsylvania: Penn State University.
- Ramirez, L. (04 de abril de 2022). *iebschool.com*. Obtenido de <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/>
- RH. (3 de enero de 2023). *CHECKSUN*. Obtenido de <https://checksum.com/>
- Sanchez, A. (1 de abril de 2022). *ELECTRONIC MANUFACTURING SERVICES GROUP, INC.* Obtenido de <https://emsginc.com/resources/what-is-the-difference-between-pcba-and-pcb/#:~:text=A%20PCB%20is%20a%20blank,used%20in%20an%20electronic%20device.>
- Vizcarra, E. (17 de junio de 2022). Emplean maquiladoras a 37 mil trabajadores; en beneficio de 130 mil familias de Nuevo Laredo. *OVACIONES*.
- Vizcarra, E. (17 de junio de 2022). *OVACIONES*. Obtenido de <https://ovaciones.com/emplean-maquiladoras-a-37-mil-trabajadores-en-beneficio-de-130-mil-familias-de-nuevo-laredo/>
- wiki. (2022). *AMETEK*. Obtenido de hmong.es/wiki/Ametek: <https://hmong.es/wiki/Ametek>
- Shingo, S. (1989). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Bing Maps. (2023). Mapas de Reynosa. Recuperado de <https://www.bing.com/maps?q=ametek+reynosa>
- Equipo de Mejora Continua de AMETEK. (2022). *CURRENT LAYOUT AMETEK parque del norte Reynosa, Tamps*. Documento interno de AMETEK.
- AMETEK. (s.f.). *Productos finales a los que se les ensambla productos AMETEK* [Fotografía]. Elaboración de publicidad AMETEK.



Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

Implementation of a subassembly station as a perspective for continuous improvement.

Martha Elia García Reboloso ¹
Karina Vega García ²
Andrés Eduardo Rivas Cisneros ³
Emiliano Silva Rodríguez ⁴

RESUMEN

La implementación de nuevas líneas de producción se ha convertido en una estrategia clave para que las empresas mantengan su competitividad en un mercado globalizado y cada vez más demandante. La presente investigación tiene como objetivo principal la implementación de una estación de subensamble de transmisiones en la línea de ensamble de máquinas Mower Conditioner en la planta de John Deere Monterrey. Este proyecto busca alcanzar un tiempo de ciclo de 40 minutos, mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing (como el estudio de tiempos, la mejora continua y las 5S) y la implementación del sistema de surtido Justo a Tiempo. La colaboración entre los departamentos de manufactura y materiales fue crucial para el éxito de la implementación. Sin su apoyo, la creación de la estación de subensambles no hubiera sido posible.

Los resultados obtenidos indican que la estación de subensambles es funcional y eficiente, logrando un tiempo de ciclo inferior a los 40 minutos, lo que no solo permite cumplir con la demanda diaria de producción, sino también superar los tiempos establecidos. Esto ha permitido que los operadores de la estación puedan apoyar la línea principal, agilizando el proceso de ensamble y mejorando la productividad general de la planta. En conclusión, la implementación de esta estación de subensambles ha tenido un impacto significativo en la productividad de la línea de producción, convirtiéndose en una de las estaciones más productivas de la planta. El logro alcanzado ha generado un fuerte sentido de satisfacción y orgullo en el equipo involucrado.

PALABRAS CLAVES: Implementación, líneas de producción, estación de subensambles, estudio de tiempos, lean manufacturing, mejora continua, productividad.

¹ Doctora en Educación, con Maestría en Ciencias de la Administración con esp. En sistemas, Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma Nuevo León. martha.garciarb@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0000-0001-5863-0396>

² Maestría en Administración Industrial y de Negocios con Orientación en Relaciones Industriales, Profesora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Karina.vegagrc@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0009-0003-1595-6398>

³ Maestría en Administración Industrial y de Negocios con Orientación en Relaciones Industriales, Profesor de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Nuevo León. arivasc@uanl.edu.mx <https://orcid.org/0009-0004-2243-8991>

⁴ Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Ingeniero Mecánico Administrador. emiliano.silvar@uanl.edu.mx

Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

Fecha de recepción: 10 de marzo, 2025.

Fecha de aceptación: 10 de abril, 2025.

ABSTRACT

The implementation of new production lines has become a key strategy for companies to maintain their competitiveness in an increasingly demanding and globalized market. The main objective of this research is the implementation of a transmission subassembly station in the assembly line of Mower Conditioner machines at the John Deere Monterrey plant. This project aims to achieve a cycle time of 40 minutes by applying Lean Manufacturing tools (such as time studies, continuous improvement, and the 5S methodology) and implementing the Just in Time inventory system. The collaboration between the manufacturing and materials departments was crucial for the success of the implementation. Without their support, the creation of the subassembly station would not have been possible.

The results obtained indicate that the subassembly station is functional and efficient, achieving a cycle time of less than 40 minutes, which not only meets the daily production demand but also exceeds the established times. This has allowed the station operators to support the main line, streamlining the assembly process and improving the overall productivity of the plant. In conclusion, the implementation of this subassembly station has had a significant impact on the productivity of the production line, becoming one of the most productive stations in the plant. The achievement has generated a strong sense of satisfaction and pride among the team involved.

KEYWORDS: Implementation, production lines, subassembly station, time study, lean manufacturing, continuous improvement, productivity.

INTRODUCCIÓN

En la industria fabricante moderna, la optimización de las líneas de producción se ha convertido en un factor crítico para mantener la competitividad en un mercado globalizado y altamente exigente. Las líneas de producción eficientes no solo mejoran la productividad y la calidad del producto, sino que también reducen costos operativos y tiempos de ciclo, aumentando así la rentabilidad y la satisfacción del cliente (Groover, 2015). En este contexto, la implementación de estaciones de subensamble ha surgido como una estrategia clave para optimizar el flujo de trabajo, especialmente en entornos de producción complejos como el de maquinaria agrícola.

La presente investigación tiene como objetivo principal implementar una estación de subensamble de transmisiones en la línea de producción de máquinas Mower Conditioner en la planta de John Deere Monterrey, con el propósito de alcanzar un tiempo de ciclo de 40 minutos por unidad. Este enfoque busca satisfacer la demanda diaria de al menos 12 transmisiones por turno de 8 horas, aplicando herramientas de Lean Manufacturing, como el estudio de tiempos, la mejora continua (Kaizen) y el sistema justo a tiempo (JIT). Estas metodologías se han demostrado efectivas en la optimización de procesos productivos al eliminar desperdicios, mejorar el flujo de materiales y maximizar la eficiencia operativa.



Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

JUSTIFICACIÓN

El problema de investigación surge de la necesidad de mejorar la eficiencia operativa en la línea de producción de John Deere Monterrey, donde el ensamblaje de transmisión representa un cuello de botella crítico. La estación de subensamble propuesta debe cumplir con un tiempo de ciclo máximo de 40 minutos por unidad en un espacio limitado de 80 m², utilizando una estrategia eficiente de suministro de materiales a través del sistema JIT. Este desafío es especialmente relevante en la industria de maquinaria agrícola, donde la demanda de productos de alta calidad y tiempos de entrega rápidos es cada vez mayor (Silva Rodríguez).

Diversos estudios han documentado los beneficios de Lean Manufacturing y Seis Sigma en la optimización de líneas de producción, destacando su capacidad para reducir desperdicios, mejorar la eficiencia operativa y aumentar la calidad del producto (Womack & Jones, 1996; Pérez Olguín et al., 2016). Herramientas como el mapeo de la cadena de valor, Kanban y Kaizen han demostrado ser efectivas en diversos sectores industriales. Sin embargo, persisten vacíos en el conocimiento, especialmente en la aplicación combinada de múltiples metodologías de mejora continua adaptadas a contextos.

Estudios previos han explorado la implementación de estaciones de subensamble en la industria automotriz y electrónica, logrando mejoras significativas en la eficiencia operativa y la productividad (Baro-Tijerina et al., 2016; Kern & Refflinghaus, 2015). Sin embargo, existe una escasez de investigaciones que aborden la integración de Lean Manufacturing y el sistema JIT en estaciones de subensamble de transmisiones en la industria de maquinaria agrícola. Además, la literatura actual no aborda de manera suficiente los desafíos ergonómicos y de seguridad laboral asociados al manejo de componentes pesados en estaciones de subensamble (Chunxia & Smith, 2006).

Este trabajo de investigación pretende llenar el vacío en la literatura científica mediante la implementación y evaluación de una estación de subensamble de transmisiones en la planta de John Deere Monterrey. La aplicación integrada de Lean Manufacturing y JIT no solo optimizará el tiempo de ciclo y la eficiencia operativa, sino que también proporcionará un marco práctico para la adaptación de estas metodologías en contextos específicos. Además, se abordarán aspectos críticos de ergonomía y seguridad laboral, contribuyendo al bienestar de los operadores y reduciendo riesgos asociados a lesiones musculoesqueléticas (Pérez Olguín et al., 2016).

La relevancia de este estudio es múltiple. Científicamente, contribuye al avance del conocimiento sobre la optimización de estaciones de subensamble en líneas de producción complejas. Socialmente, la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de desperdicios promueven la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Tecnológicamente, este trabajo proporciona un marco práctico para la implementación de metodologías avanzadas de gestión de la producción, facilitando su adopción en diversas industrias.

METODOLOGÍA

Este estudio se centró en el diseño e implementación de una estación de subensamble para optimizar el ensamblaje de transmisiones en la línea de producción de las máquinas Mower Conditioners de John Deere. La investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo, aplicando herramientas de manufactura esbelta (Lean Manufacturing), con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa, reducir el tiempo de ensamblaje y minimizar errores en el proceso de producción.

El diseño de la investigación contempló diversas fases para garantizar una implementación efectiva de la estación de subensamble, asegurando la mejora en la productividad y calidad del ensamblaje de transmisiones.



Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

Se inicia con la fase de análisis de la situación actual; en ella se realizó una evaluación del proceso de ensamblaje de transmisiones en la línea principal, identificando los principales problemas en términos de tiempos, eficiencia y calidad. A través de la observación directa y la recolección de datos históricos, se detectaron cuellos de botella en la línea de producción, relacionados con el alto número de piezas, la dificultad de acceso y el tiempo excesivo requerido para el ensamblaje.

Con base en el análisis previo, se dio seguimiento a la fase de planificación del diseño de la estación de subensamble se definieron los requerimientos específicos para la estación de subensamble. Se diseñó el layout óptimo, considerando la distribución de los materiales, el flujo de trabajo y la accesibilidad para los operarios. También se estableció un plan de abastecimiento de componentes para garantizar un suministro eficiente y continuo de las piezas necesarias.

Para asegurar el éxito de la implementación, se implementó como fase tres la capacitación a los operarios en el uso de la estación de subensamble, el cual, enfocándose en buenas prácticas de manufactura esbelta, estándares de calidad y eficiencia en la ejecución de tareas. La capacitación incluyó simulaciones prácticas y pruebas piloto para familiarizar a los trabajadores con la nueva metodología. Con ello, inicia la siguiente fase que corresponde a la implementación de la estación de subensamble; el cual se llevó a cabo la instalación de la estación dentro del entorno de producción, asegurando su integración con la línea de ensamblaje existente. Durante esta fase, se realizaron ajustes en tiempo real para optimizar la operatividad de la estación y garantizar su funcionalidad en condiciones reales de trabajo.

Una vez implementado, se realizó la fase de recolección y análisis de datos donde se aplicaron estudios de tiempos y movimientos antes y después de la implementación de la estación de subensamble. Los datos obtenidos se analizaron con herramientas estadísticas para medir el impacto de la estación en la reducción de tiempos de ensamblaje, la mejora en la ergonomía del operario y la disminución de errores en la producción. Posterior a ello, se estableció un sistema de auditorías de proceso para monitorear el desempeño de la estación de subensamble, que forma parte de la fase de evaluación. Estas auditorías permitieron identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes en la operación para maximizar la eficiencia a largo plazo.

La investigación se fundamentó en un enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos objetivos relacionados con la productividad y eficiencia del ensamblaje. Se utilizaron herramientas de manufactura esbelta, tales como 5S para optimizar la organización y limpieza en la estación de subensamble, estudios de tiempos y movimientos para evaluar la eficiencia antes y después de la implementación, auditorías de proceso para garantizar el cumplimiento de estándares de calidad y detectar áreas de mejora.

Se planteó que la incorporación de una estación de subensamble reduciría significativamente el tiempo de ensamblaje de transmisiones, optimizando la productividad y disminuyendo errores en la línea de producción que permitió evaluar de manera sistemática el impacto de la implementación de la estación de subensamble en la eficiencia de la producción. A través de un enfoque basado en manufactura esbelta y análisis de datos cuantitativos, se establecieron mejoras medibles en la reducción de tiempos de ensamblaje y la calidad del producto final.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La implementación se estructuró en torno a ocho objetivos específicos, cada una corresponde a una etapa crítica del proceso y aportó información valiosa para la evaluación del desempeño de la nueva estación.

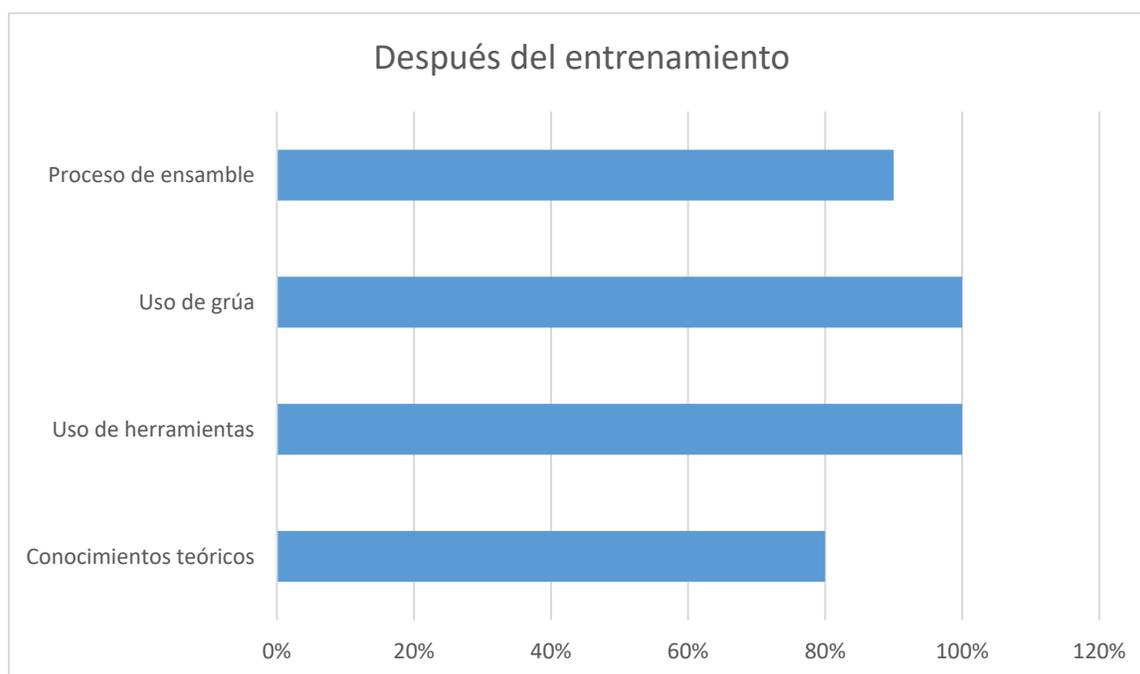
El primer objetivo específico “definir la estrategia de surtido de materiales, en base a la demanda, aplicando la estrategia de justo a tiempo”; consistió en planificar el abastecimiento de materiales a partir de la demanda; a través de la estrategia “justo a tiempo” permitió reducir el inventario innecesario y mejorar el flujo de materiales dentro del espacio limitado de 80 m² y definiendo los

Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

materiales que permanecerían de forma fija y cuáles serían surtidos oportunamente. Como resultado, se logró una mayor eficiencia logística y se evitó la acumulación de insumos que podrían interferir con las operaciones diarias.

En relación al segundo objetivo que refiere a “diseñar el layout óptimo de la estación de subensamble, asegurando la ubicación de las herramientas y materiales necesarios. Aplicando principios de flujo continuo y minimizando los movimientos de los operadores”; se diseñó un layout optimizado para la estación de subensamble teniendo en cuenta la ubicación tanto de herramientas como de materiales. Logrando una distribución eficiente que favoreció la ergonomía y redujo el tiempo de desplazamiento del operador a través de principios de flujo continuo y minimización de desplazamiento; este rediseño fue crucial para asegurar el cumplimiento del tiempo de ciclo establecido (40 minutos por unidad) y facilitar la integración fluida de la estación con la línea principal. Para el objetivo de “capacitar al 100% al operador con respecto a la utilización de herramientas y equipo, implementando métodos de entrenamiento efectivos como la demostración y la práctica”, correspondiente al tercer objetivo específico; se enfocó en la capacitación del operador en base a un programa de entrenamiento que combinó demostraciones prácticas, listas de verificación y observación directa del proceso. A través de ello, se logró capacitar al 100% del personal asignado, lo que garantizó un uso adecuado de herramientas y equipos, además de la reducción de curva de aprendizaje y los errores operativos en las fases iniciales.

Gráfica 2. Conocimiento del operador después de recibir el respectivo entrenamiento y capacitación.

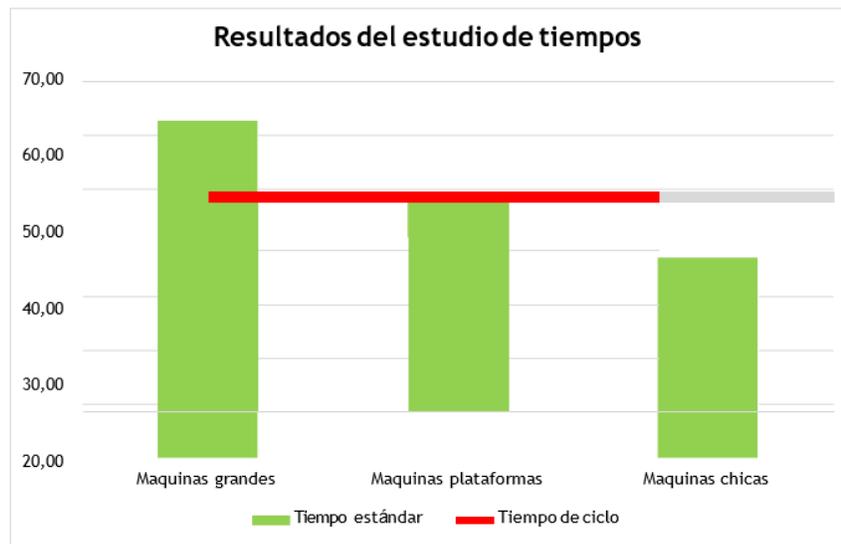


En cuanto a cuarto objetivo, se dio inicio formal a la producción por familias de productos, “comenzar con la producción de transmisiones por familias, iniciando con la familia de máquinas grandes, después las plataformas y por ultimo las maquinas chicas” por lo que fue clave para estandarizar las operaciones, facilitar la adaptación del operador al proceso y asegurar la trazabilidad de tiempos y calidad por tipo de ensamblaje. Después de ello, se centró en la realización de un estudio de tiempos por familia con el propósito de alcanzar el objetivo de “realizar estudios de tiempos de cada una de las familias a ensamblar, para analizar el tiempo de ciclo actual y ver posibles mejoras”, esto permitió

Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

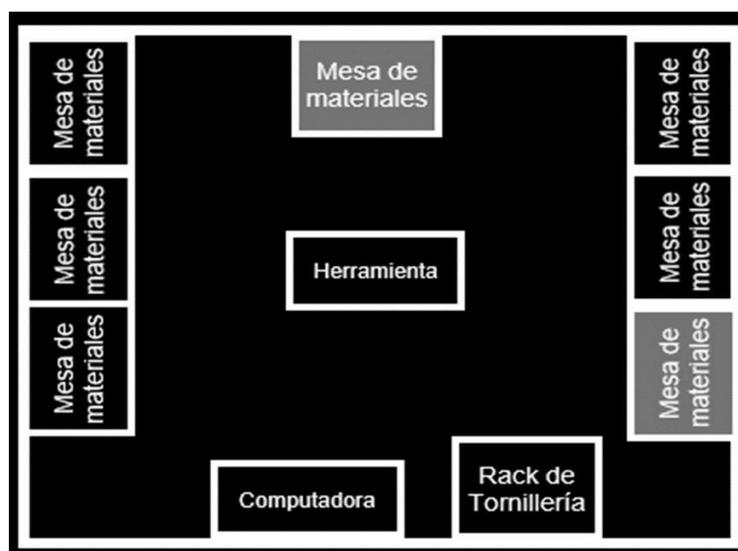
identificar con precisión el tiempo de ciclo inicial y los puntos críticos donde se producían mayores demoras, además de ser fundamental para las siguientes fases de optimización.

Gráfica 2. Gráfica de tiempos estándar en minutos para cada uno de los subensambles de las familias de las maquinas, en comparación con el tiempo de ciclo designado en la estación



Basados en los resultados de dicho estudio, el sexto objetivo abordó la optimización continua del proceso ya que se busca “analizar los resultados del estudio de tiempos para identificar los principales cuellos de botella en el proceso de ensamble y se buscara soluciones”. Esto permitió la implementación de ajustes en el layout (figura 1), rediseños en los soportes de herramientas y mejores en el flujo de trabajo que contribuyó a reducir los paros de línea y mejorar la sincronización entre procesos.

Figura 1. Rediseño de layout



Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua

Posteriormente, en el séptimo objetivo “se realizará de nuevo un estudio de tiempos, pero ahora después de las mejoras, con el objetivo de poder visualizar si los cambios realizados redujeron el tiempo de ciclo”; se llevó a cabo un nuevo estudio de tiempos después de aplicar las modificaciones. Los resultados mostraron una reducción significativa en el tiempo de ciclo, cumpliendo con el estándar deseado y validando la efectividad de las mejoras implementadas. La comparación entre los resultados obtenidos antes y después proporcionó evidencia tangible del impacto de las decisiones de diseño y gestión en la productividad de la estación.

Finalmente, el octavo objetivo “se programarán auditorías periódicas del proceso con el fin de encontrar posibles áreas de oportunidad y fomentar la mejora continua” permitió diseñar listas de verificación y formatos de observación que permiten monitorear el cumplimiento de los estándares, detectar desviaciones y promover una cultura de mejora continua entre los operadores y supervisores.

Esto nos permite ver como resultado una implementación exitosa que no solo cumplió con los objetivos planteados, sino que también posicionó a la estación de subensamble como una de las más eficientes dentro de la línea de producción; por lo que, la integración de herramientas Lean Manufacturing, una planificación estratégica adecuada y la participación del personal operativo fueron factores clave para alcanzar un desempeño superior al esperado.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En resumen, mientras que la literatura existente ha documentado los beneficios de Lean Manufacturing y el sistema JIT en la optimización de líneas de producción, persisten desafíos en su aplicación integrada en estaciones de subensamble adaptadas a contextos específicos. Este artículo pretende llenar ese vacío, proporcionando evidencia empírica y soluciones prácticas para la industria de maquinaria agrícola. Se espera que los hallazgos de esta investigación contribuyan al avance del conocimiento en el área de líneas de producción y ofrezcan una guía práctica para la optimización de procesos productivos en contextos.

REFERENCIAS

- Baro-Tijerina, M., Estrada-Ruiz, M., & García-Garrobo, I. (2016). Una aplicación de la metodología seis sigma para la optimización de línea de producción de arneses. *Ingenierías*, 19.
- Chunxia, X., y Smith, C. (2006). Balanceo de líneas de ensamblaje mediante optimización basada en simulación.
- Kern, P., y Refflinghaus, R. (2015). Balanceo de líneas de ensamblaje y manufactura esbelta.
- Muñoz Guevara, JA, Zapata Urquijo, CA y Medina Varela, PD (2022). Lean Manufacturing: Modelos y herramientas.
- Pérez Olgún, IJC, Blanco Gutiérrez, JB, & Pérez Limón, JA (2016). Herramientas de Manufactura Esbelta Aplicadas en Mejoramientos del Flujo de Materiales. *Puerta de investigación*.
- Silva Rodríguez, E. (2024). Implementación de una estación de subensamble como una prospectiva de mejora continua.
- Womack, JP y Jones, DT (1996). *Pensamiento Lean: elimine el despilfarro y cree riqueza en su empresa*.