

APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS PARA EL MEJORAMIENTO DE OPERACIONES EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE EQUIPOS DE AUDIO

**IMPLEMENTATION OF ENGINEERING METHODS FOR THE IMPROVEMENT OF
OPERATIONS IN AN AUDIO EQUIPMENT MANUFACTURING COMPANY**

Emilia Estéfana Saucedo López*
Rafael Arturo Valenzuela López**
Grace Erandy Báez Hernández***

Resumen: En la actualidad las empresas buscan constantemente mejorar sus métodos de trabajo con el propósito de aprovechar al máximo sus recursos y disminuir sus costos de manufactura para hacer frente a la competitividad del mercado global. El presente trabajo fue desarrollado en una empresa de manufactura de equipos de audio con presencia a nivel mundial cuyo compromiso es ofrecer a sus clientes productos de la mejor calidad. El objetivo fue mejorar las operaciones adicionales en las líneas de ensamble en área denominada como montaje superficial para reducir costos de mano de obra en función de la disminución de la carga de trabajo, contribuyendo a la reducción del tiempo de la operación. Se utilizó la metodología de ingeniería de métodos desde la selección del proyecto y el establecimiento del diagnóstico de la ejecución de las operaciones y los indicadores de productividad hasta la evaluación de la ejecución de las actividades propuestas, esto como parte de los trabajos de ergonomía temporal empleados en la organización. Se realizó a través del análisis de la secuencia del proceso de ensamble utilizando diagramas de proceso, estudio de tiempos y análisis de operaciones. La implementación de las propuestas representó una disminución del 87% del tiempo de la operación y favoreció la mejora de un 57% en costos de mano de obra para las actividades analizadas.

Palabras clave: Ingeniería de métodos, estudio de tiempos, ensambles, economía de movimientos.

Abstract: Today, companies are constantly seeking to improve their working methods in order to make the most of their resources and reduce their manufacturing costs to meet the competitiveness of the global market. The present work was developed in an audio equipment manufacturing company with worldwide presence whose commitment is to offer its customers the best quality products. The objective was to improve the additional operations in the assembly lines in an area called surface assembly to reduce labor costs as a function of the decrease in workload, contributing to the reduction of operation time. The methodology of engineering methods was used from the selection of the project and the establishment of the diagnosis of the execution of the operations and the productivity

*Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Guasave, Sinaloa, México. Correo electrónico: saucedoemilia@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4162-981X>. Autor de correspondencia.

**Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Guasave, Sinaloa, México. Correo electrónico: rafasport_19@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0903-2901>

***Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Guasave, Sinaloa, México. Correo electrónico: gracebaezh@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1580-2199>

indicators to the evaluation of the execution of the proposed activities, this as part of the temporary ergonomic works used in the organization. It was done through the analysis of the assembly process sequence using process diagrams, time study and operations analysis. The implementation of the proposals represented a reduction of 87% of the operation time and favored the improvement of 57% in labor costs for the analyzed activities.

Keywords: Engineering of methods, times study, assemblies, economy of movements.

Recepción: 30.03.2021 / Revisión: 05.04.2021 / Aceptación: 28.04.2021

Introducción

El principio ergonómico de la organización del trabajo estudia los factores de riesgo que se deben verificar en función de la forma como está organizado el trabajo, carga laboral, ritmos de trabajo elevados, tipo de jornada diurna, nocturna, rotativa y sus efectos a la salud (Rodríguez, 2019).

La ingeniería de métodos busca a través del análisis de las operaciones la reducción de las cargas de trabajo con el objetivo de mejorar la productividad del área en la que se esté aplicando y, por ende, de la organización en general. Implica el análisis en dos tiempos diferentes durante la historia de un producto. Primero, el ingeniero de métodos es responsable del diseño y desarrollo de varios centros de trabajo donde el producto será fabricado. Segundo, el ingeniero debe estudiar continuamente estos centros de trabajo con el fin de encontrar una mejor forma de fabricar el producto y/o mejorar su calidad, en cualquiera de los casos es necesario que el ingeniero de métodos incorpore los principios de diseño del trabajo en todo nuevo método, de tal manera que no sólo sea más productivo sino también más seguro y libre de riesgos para el operador (Niegel & Freivalds, 2012).

Heizer y Render (2012) establecen que el análisis de métodos es un sistema que involucra el desarrollo de procedimientos de trabajo seguros y que produzcan artículos de calidad en forma eficiente. El estudio de tiempos tiene dos objetivos primordiales, minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos y conservar los recursos minimizando los costos. Para llegar a su desarrollo se debe ejecutar un análisis previo de las operaciones (García, 2005)

El problema que se aborda consiste en el análisis de las operaciones de una línea de ensamble en la que se realizan operaciones adicionales a una tarjeta electrónica que forma parte de una bocina. La tarjeta originalmente, antes de ser insertada, pasa por una serie de operaciones para su requerimiento, que no agregan valor al producto, pero a la vez consumen un tiempo considerable en su ejecución.

En la literatura se encontraron diversas investigaciones que se desarrollan en escenarios de sistemas productivos, como el trabajo que realizaron Alzate-Guzmán y Sánchez-Castaño (2013), quienes buscaron incrementar la productividad de la mano de obra del sistema productivo de cajas de calzado de la empresa “Industrias Art Print” a través de la aplicación de la ingeniería de métodos. El estudio permitió mejorar los procesos de

plastificado, lo cual contribuyó a mejorar la productividad de mano de obra del sistema productivo en un 19% con respecto a la situación inicial.

Castillo-Jáuregui (2016) realizaron una propuesta para la implementación de la metodología del mejoramiento continuo con la finalidad de aumentar la efectividad del área de operaciones de la empresa Transportes Sakura S.A. Wilches-Arango et al. (2013) presentaron un resultado de una investigación aplicada, se muestra el análisis y mejoramiento de la cadena de valor una línea de producción de sillas para oficina.

El objetivo general del trabajo fue disminuir el tiempo de la carga de trabajo de la línea de operaciones adicionales del área de montaje superficial de una empresa de equipos de audio mediante la implementación de ingeniería de métodos. Se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Establecer el diagnóstico de la ejecución de las operaciones.
- Analizar los datos e información del área a evaluar.
- Proponer las operaciones de mejora para cada actividad.
- Implementar las mejoras en el método de trabajo.
- Evaluar la ejecución de las actividades propuestas.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio de caso que solo aplica para el área de montaje superficial de la empresa de equipos de audio, específicamente para los modelos Carrier Bss y Módulo Bss. Se utilizó un enfoque cuantitativo en función de los datos del número de actividades, costo y tiempo de las operaciones realizadas.

El trabajo se desarrolló en un periodo de cuatro meses durante los cuales, se observó de manera directa el proceso y se analizaron los reportes de labor que se generan en el departamento. La muestra seleccionada fue por conveniencia de acuerdo a la disponibilidad del analista respecto a los días y turnos laborales, así como a la programación de producción del área.

Se utilizó equipo de cómputo para el procesamiento de datos, específicamente Word 2013 y Excel 2013, equipo fotográfico para capturar la secuencia de movimientos y cronómetro para la medición de los tiempos.

El desarrollo del estudio se basó en el procedimiento sistemático de métodos y medición del trabajo de acuerdo a Niebel y Freivalds (2012) que se integra por las siguientes fases:

1. Seleccionar el proyecto.
2. Obtener y presentar de datos.
3. Analizar datos.
4. Desarrollar el método ideal.

5. Presentar y preparar el método.
6. Desarrollar el análisis del trabajo.
7. Establecer estándares de tiempo.

Se utilizó como herramienta exploratoria el diagrama causa-efecto para establecer un diagnóstico de la problemática a estudiar, se analizaron las diferentes causas en los cuatro principales factores y se identificó que el desarrollo del método era la principal causa de las operaciones adicionales en la línea al utilizar pallets.

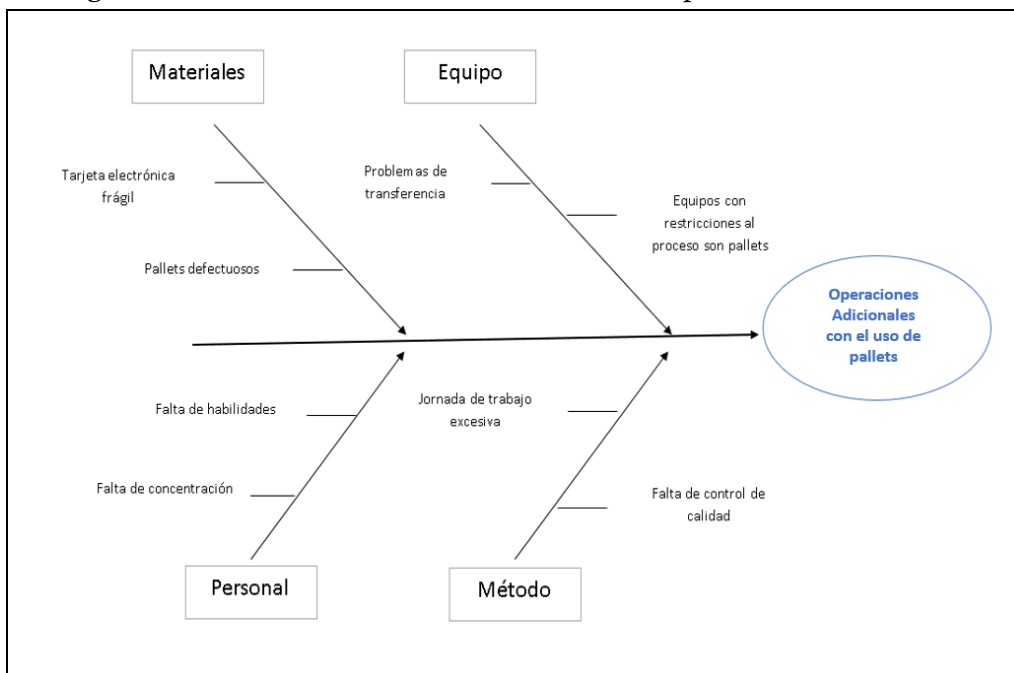
Con base en las etapas del proceso se realizó un estudio de tiempos para determinar la duración de cada una de ellas. Se analiza el tiempo requerido y calcula el número de operadores necesarios para llevar a cabo el proceso de ambos modelos (Fred, 2000).

Resultados y discusión

Análisis del problema a estudiar

En la figura 1 se muestra el diagrama causa-efecto realizado, con la identificación del problema seleccionado y las diferentes causas que se consideraron.

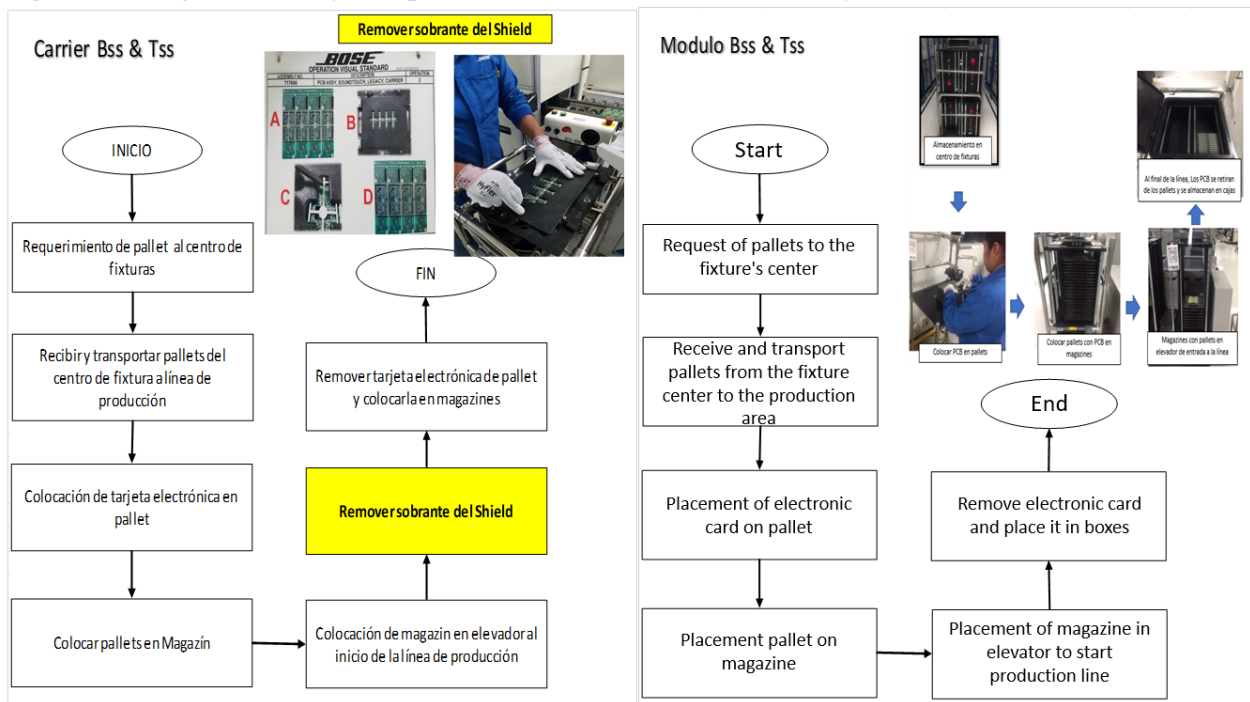
Figura 1. Diagrama causa-efecto de consecuencias del uso de pallets.



Análisis de datos

En la figura 2 se aprecia el diagrama de flujo del proceso para la obtención de datos en las dos familias de modelos.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de los modelos Carrier Bss y Módulo Bss.

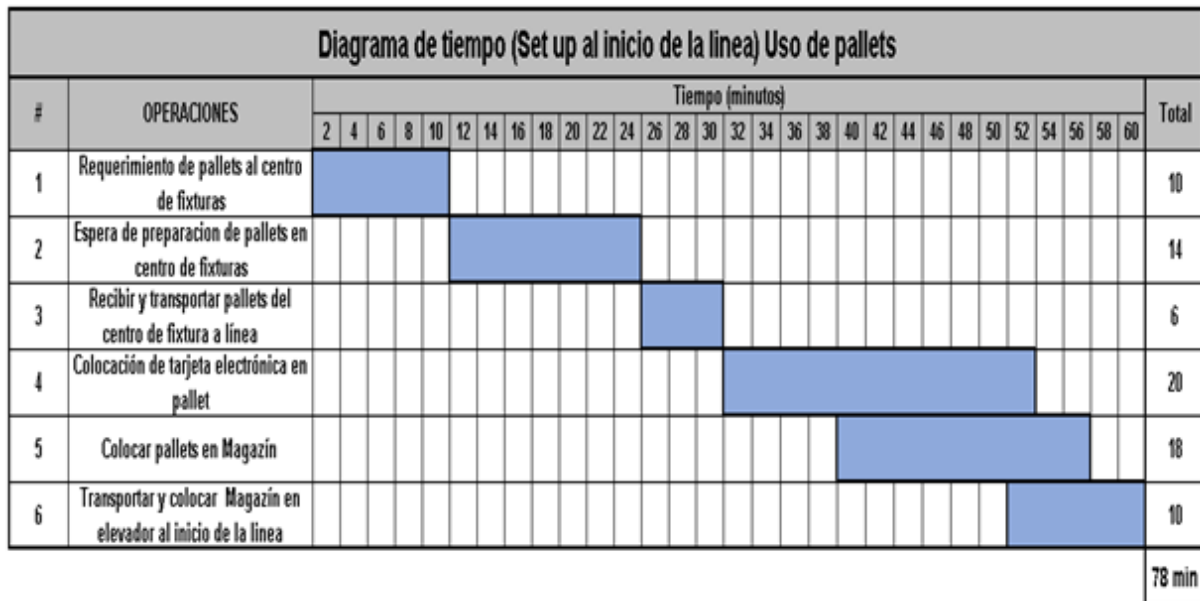


Como se puede apreciar en el diagrama de flujo del proceso en la figura 2, para los modelos de la familia Carrier, se da inicio cuando el operador hace el requerimiento de 150 pallets al centro de fixturas para que el técnico encargado del área de fixtura realice la aprobación del requerimiento. Ya iniciando a producir la línea, el operador tiene que estar al final de la línea para tomar los pallets con las tarjetas electrónicas terminadas y retirar un sobrante (costilla) de un componente llamado shield, para posteriormente retirar la tarjeta electrónica ya terminada del pallet, para que estén disponibles para iniciar el proceso nuevamente.

Determinación de tiempos del proceso

Como se puede observar en el diagrama de tiempos en la figura 3, realizar el Set up del modelo para que la línea de producción esté en condiciones de iniciarse, le lleva al operador 78 minutos.

Figura 3. Diagrama de tiempos del proceso.



Cálculo de requerimiento de personal

Para llevar a cabo el proceso de ambos modelos se necesitan 17 operadores por turno, en cuatro turnos, con un total de 68 operadores semanales para ambos modelos. La tabla 1 muestra el desglose del total de operadores por cada uno de los cuatro turnos que trabaja en la empresa.

Tabla 1. Cálculo del personal requerido.

Personal requerido por turnos con uso de pallets						
Modelo (producto)	Proceso	Turno A	Turno B	Turno C	Turno D	
Módulo	Bss	4,5	4,5	4,5	4,5	
	Tss	4,5	4,5	4,5	4,5	
Carrier	Bss	4,5	4,5	4,5	4,5	
	Tss	3,5	3,5	3,5	3,5	
Total de operadores por jornada laboral (48 horas semanales)		17	17	17	17	68

Implementación de mejoras

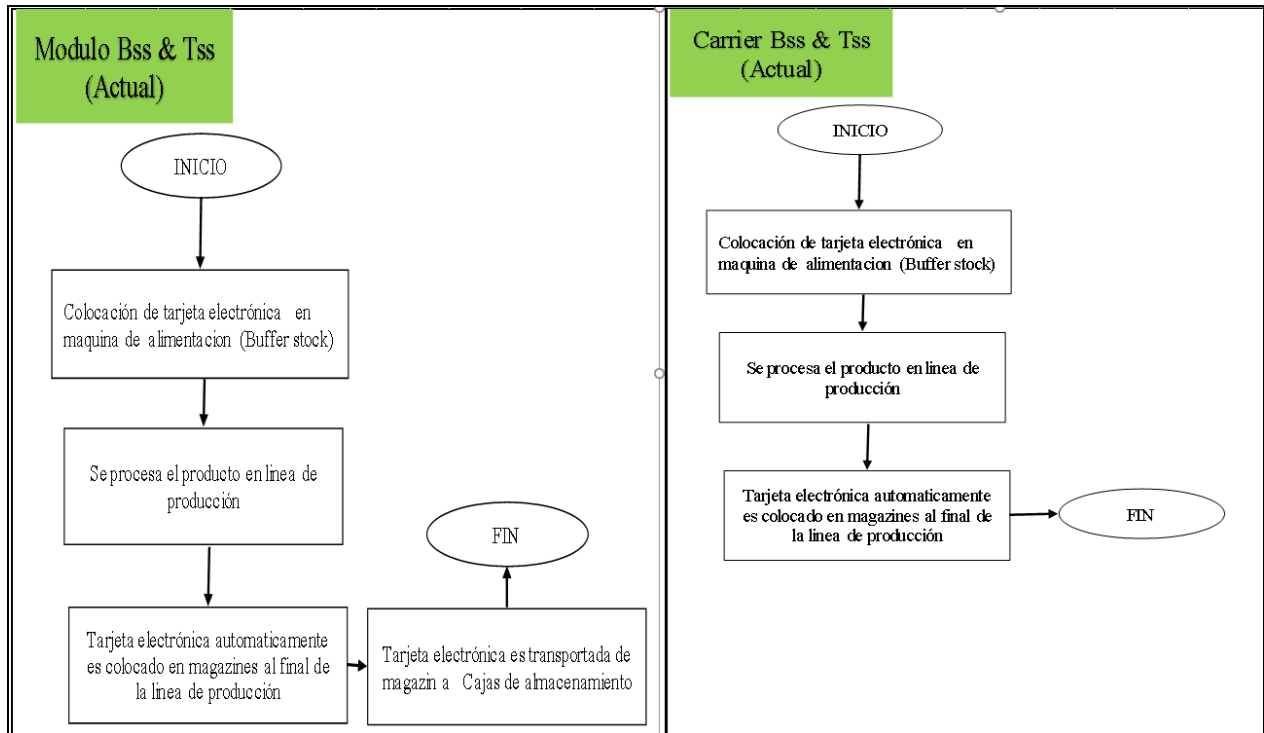
Del primer análisis de las operaciones para determinar su finalidad, se identificaron movimientos innecesarios durante la utilización de los pallets. Por lo tanto, se decidió eliminar esta operación, que tenía como objetivo la reducción a uno el número de operaciones del proceso, respecto a las siete operaciones que originalmente se desarrollaban.

Reducción en el número de operaciones en el proceso

El proceso fue simplificado, tal como se muestra la figura 4, en la que se presentan los diagramas de flujo sin las operaciones adicionales utilizando pallets en las corridas de los

modelos estudiados.

Figura 4. Propuesta del flujo del proceso de los modelos Module Bss y Carrier Bss.



Disminución del tiempo total del proceso

Respecto a la duración de las operaciones, se observa en la figura 5 una duración de 10 minutos con la reducción de 68 minutos de mano de obra de un operador. Esto significa una reducción del 88%.


Figura 5. Propuesta del diagrama de tiempos.


Diagrama de tiempo (Set up al inicio de la línea) Sin pallets		Propuesta de proceso																														
#	OPERACIONES	Tiempo (minutos)																			Total											
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38		40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
1	Colocar tarjeta electronica en Buffer																															10
																															10 min	

Reducción de requerimiento de personal

En función de la reducción de las operaciones y el tiempo de ejecución del proceso, se realizó la estimación del número de operadores requeridos. La figura 6 muestra el comparativo entre el método anterior y el propuesto.

Figura 6. Variación del número de operarios en el modelo de proceso de Módulo Bss y en el modelo de proceso de Carrier Bss.

MODULO BSS / Se optimiza 2.5 Operadores		Optimización	
Actividad	Operación	Antes # Operador	Después # Operador
*1	Requerimiento de pallet & Colocación de tarjeta electrónica en pallet	0.5	-
*2	Operador de maquina en línea SMT	2	1
*3	Inspector en AOI	1	0.5
*4	Remover tarjeta electrónica de pallet y colocarla en magazines	0.5	-
5	Reparación de tarjeta electrónica	0.5	0.5
Total:		4.5	2
			
		Resultado 2.5 operadores	

CARRIER TSS / Se optimiza 1.5 Operadores		Optimización	
Actividad	Operación	Antes # Operador	Después # Operador
*1	Requerimiento de pallet & Colocación de tarjeta electrónica en pallet	0.5	-
2	Operador de maquina en línea SMT	1	1
*3	Remover sobrante de shield	0.5	-
4	Inspector en AOI	0.5	0.5
*5	Remover tarjeta electrónica de pallet y colocarla en magazines	0.5	-
6	Reparación de tarjeta electrónica	0.5	0.5
Total:		3.5	2
			
		Resultado 1.5 operadores	

Disminución en los costos de mano de obra directa

Se realizaron adicionalmente los cálculos en costo de mano de obra correspondientes a los modelos analizados. En la tabla 2 se observa el costo que representaban las operaciones de labor directa y el mantenimiento de pallets por jornada, se presenta también el registro del costo propuesto.

Tabla 2. Cálculos de los ahorros en mano de obra.

Costo actual de DL y mantenimiento de pallets (jornada)					
Familia y proceso	Qty de DL	Costo DL por jornada	Costo DL por modelo (turno)	Costo DL por modelo (jornada)	Costo de mantenimiento de pallets por jornada
Módulo Bss	4,5	\$168.48 dlls	\$758.16 dlls	\$3,032.64 dlls	\$860.16 dlls
Módulo Tss	4,5		\$758.16 dlls	\$3,032.64 dlls	
Carrier Bss	4,5		\$758.16 dlls	\$3,032.64 dlls	
Carrier Tss	3,5		\$589.68 dlls	\$2,358.72 dlls	
Total: 17			\$2,864.16 dlls	\$11,456.64 dlls	\$860.16 dlls
\$12,316.80 dlls					
Costo presupuesto de DL y mantenimiento de pallets (jornada)					
Familia y proceso	Qty de DL	Costo DL por jornada	Costo DL por modelo (turno)	Costo DL por modelo (jornada)	Costo de mantenimiento de pallets por jornada
Módulo Bss	2	\$168.48 dlls	\$336.96 dlls	\$1,347.84 dlls	\$0 dlls
Módulo Tss	2		\$336.96 dlls	\$1,347.84 dlls	
Carrier Bss	2		\$336.96 dlls	\$1,347.84 dlls	
Carrier Tss	2		\$336.96 dlls	\$1,347.84 dlls	
Total: 8			\$1,347.84 dlls	\$5,391.36 dlls	\$0 dlls

Propuestas presentadas respecto a la utilización de tiempo ahorrado

La mejora continua en las operaciones persigue objetivos de eficiencia en el trabajo y al mismo tiempo permite proporcionar al trabajador, estaciones de trabajo y secuencias de procesos que beneficien sus condiciones laborales. Respecto a las modificaciones específicas del proceso estudiado se presentaron las siguientes propuestas para integrar actividades que disminuyan la fatiga y el tedio, y que al mismo tiempo, contribuyan a seguir mejorando los procesos en beneficio de los objetivos de la empresa:

- Incorporación de ejercicio de preparación al inicio de la jornada.
- Práctica de pausas activas de 15 minutos a la mitad de la jornada.
- Enriquecimiento del trabajo al incorporar otro tipo de operaciones.
- Disminución de las horas extraordinarias para cumplimiento de este proceso.
- Retroalimentación de los grupos de trabajo de las líneas para realizar aportaciones de mejora.

Conclusiones

La ingeniería de métodos fue una herramienta fundamental en la elaboración de este proyecto, ya que ayuda a seleccionar el proyecto dependiendo de la problemática que se tiene o la mejora que se quiere realizar. La etapa más importante es la obtención y presentación de datos de la situación que se tiene actualmente, ya que con estos datos se inicia el análisis para poder desarrollar propuestas que ayuden a mejorar o contribuyan a otorgar solución a la problemática que se tiene; ya teniendo datos revisar las variables y buscar opciones de mejora para posteriormente presentar un método que solucione la situación actual.

Tener en consideración la carga laboral del personal fue indispensable para detectar las áreas de oportunidad, las cuales, en este caso, consistieron en eliminar las operaciones innecesarias a través del estudio de tiempos, análisis de operaciones y economía de movimientos. Los ahorros obtenidos en tiempo y dinero fueron significativos tanto para la empresa como para el trabajador, ya que con la reducción en la carga de trabajo el operador presenta mayor productividad, y al mismo tiempo, con las propuestas realizadas para la utilización del tiempo ahorrado, tiene la posibilidad de enriquecer su condición laboral.

Como futuras investigaciones, se propone una extensión del análisis a otras áreas de la empresa, además de la estandarización, seguimiento y control de actividades complementarias para evitar la monotonía, tedio y fatiga en las operaciones repetitivas de las líneas de ensamble.

Referencias

- Alzate-Guzmán, N., & Sánchez-Castaño, J. E. (2013). *Estudio de tiempos y métodos de la línea de producción tipo “clásico de dama” en la empresa de calzado Caprichosa para definir un nuevo método de producción y determinar el tiempo estándar de fabricación* [tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio UTP. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4017/658542A478.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo-Jáuregui, A. D. (2016). *Propuesta de mejoramiento continuo para incrementar la efectividad en el área de operaciones de la empresa Sakura S.A* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4416>
- Fred, E. M. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Prentice Hall.
- García, R. (2005). *Estudio del trabajo*. Mc Graw-Hill.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2012). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mc Graw-Hill.
- Render, B., & Heizer, J. (2014). *Principios de administración de operaciones*. Pearson.
- Rodríguez, V. C. (2019). *Ergonomía*. Consejo de salud ocupacional. https://www.cso.go.cr/temas_de_interes/ergonomia/archivos/ergonomia.pdf
- Wilches-Arango, M. J. (2013). Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina. *Dimensión Empresarial*, 11(1), 126-136. <https://doi.org/10.15665/rde.v11i1.166>